

DISCIPLINE DE SPECIALITATE

-TST-

RADIOCOMUNICAȚII 1
ANUL 3, SEMESTRUL 5

1. Enumerați care sunt influențele suprafeței terestre în propagarea undelor radio. Cum intervine reflexia la suprafața pământului în propagarea undelor radio? (Bibliografie 1 – pag.23,31)

1.4.2. EFECTUL SUPRAFEȚEI TERESTRE ASUPRA PROPAGĂRII

Unda terestră este acea componentă a unei electromagnetice, care suferă influența pământului și care ar transporta întreaga energie la recepție, dacă nu ar exista undele ionosferice și undele troposferice. Unda terestră are la rândul ei două componente:

- **unda de suprafață**, care se propagă de-a lungul suprafeței pământului;
- **unda spațială**, care este rezultatul însumării a două componente: unda **directă** și unda **reflectată**.

În cazul în care antenele de emisie și de recepție se află la sol, unda directă și unda reflectată vor fi egale între ele ca valoare, însă opuse ca fază, astfel că acțiunile lor se anihilează reciproc și singura componentă a unei terestre rămâne unda de suprafață (ea determină raza de acțiune a stațiilor de radiodifuziune în timpul zilei).

Suprafața terestră intervine asupra propagării undelor radio prin geometrie (convexitate, neregularități) și prin proprietăți electrice.

1.4.2.1. Curbura Pământului

Pentru o legătură LOS trebuie luată în calcul curbura Pământului, care reprezintă o limitare geometrică fundamentală, în sensul că convexitatea suprafeței terestre nu permite realizarea unei legături radio în linie dreaptă între două puncte îndepărtate, situate pe scoarța terestră.

Exemplu numeric: dacă distanța între punctele A și B este $d = 250 \text{ km}$ și se consideră raza pământului $R = 6400 \text{ km}$ (figura 1.12), atunci rezultă săgeata $h \approx 1 \text{ km}$.

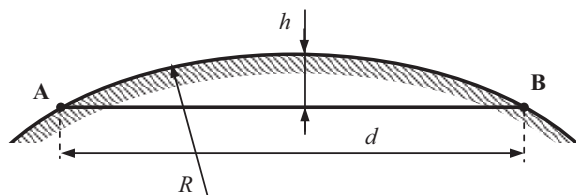


Fig.1.12. Convexitatea suprafeței terestre.

Soluția actuală de rezolvare a comunicațiilor la mare distanță, cu acoperirea unor zone întinse, o constituie sateliții de telecomunicații geostaționari.

O altă soluție o constituie utilizarea unor frecvențe pentru care se constituie și alte căi de propagare decât linia dreaptă între sursă și destinație.

Pentru acoperirea unor distanțe de ordinul zecilor de kilometri, se practică înălțarea antenelor față de sol (figura 1.13). Înălțarea antenei AE cu h asigură o suprafață de acoperire cu raza:

Emițătorul E este plasat la înălțimea h_E , iar receptorul R la înălțimea h_R . Intensitatea câmpului electric la recepție depinde de diferența de drum între traseele celor două unde și de modul în care reflexia afectează amplitudinea și faza unei reflectate.

Prin reflexia unei unde la sol, având în vedere că acesta este un mediu mai “dens” decât aerul ($n > 1$), unda reflectată este deplasată cu π față de unda incidentă, defazaj echivalent cu o diferență de drum $\lambda/2$. Diferența de drum geometrică, Δd , a celor două unde se poate calcula considerând că înălțimile h_E , h_R sunt mici față de distanța D dintre emițător și receptor:

$$\begin{aligned}\Delta d &= d_2 - d_1 = \sqrt{D^2 + (h_R + h_E)^2} - \sqrt{D^2 + (h_R - h_E)^2} = \\ &= D \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{h_R + h_E}{D}\right)^2} - D \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{h_R - h_E}{D}\right)^2} \approx \\ &\approx D \cdot \left[1 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{h_R + h_E}{D}\right)^2 - 1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{h_R - h_E}{D}\right)^2 \right] \approx \\ &\approx \frac{2 \cdot h_E \cdot h_R}{D} .\end{aligned}\tag{1.16}$$

Dacă unul din punctele de emisie sau recepție se află pe suprafața pământului, unda spațială rezultată va fi egală cu zero. La înălțimi mijlocii ale celor două puncte, unda de suprafață și unda spațială vor fi comparabile ca mărime și câmpul rezultat va fi exprimat printr-un vector egal cu suma vectorilor unei spațiale și a celei de suprafață. Dacă însă antenele se ridică mai sus, intensitatea unei de suprafață se poate neglija și se consideră numai unda spațială.

Pentru recepție la nivelul solului ($h_R = 0$), se produce un minim de interferență. Punând condiția ca diferența de drum să fie un număr par de $\lambda/2$ se obțin maxime pentru valori:

$$h_R = \frac{D}{2 \cdot h_E} \cdot \frac{\lambda}{2}, \frac{D}{2 \cdot h_E} \cdot \frac{3 \cdot \lambda}{2}, \dots, \frac{D}{2 \cdot h_E} \cdot \frac{(2 \cdot n - 1) \cdot \lambda}{2} .$$

Intensitatea unei reflectate depinde de polarizarea unei incidente. Considerând că la recepție amplitudinea celor două unde este aceeași, variația intensității câmpului electric funcție de înălțimea de recepție are forma din figura 1.20.b.

2. Care sunt principalele caracteristici ale propagării undelor radio în domeniul undelor scurte. (Bibliografie 1 – pag.45-46)

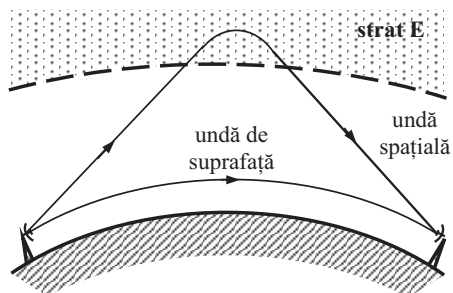


Fig.1.34. Producerea fenomenului de “fading” la recepție.

Datorită modificărilor în radiația ionizantă provenită de la Soare precum și datorită curenților atmosferici, gradul de ionizare al stratului **E** se modifică aleator și adâncimea de pătrundere a unei radio în strat nu se menține constantă. Apare o fluctuație în timp a diferenței de drum între cele două unde, deci un defazaj la recepție, care micșorează intensitatea câmpului rezultat. Schimbările sunt mai rapide pentru lungimi de undă mai mici.

Se poate asigura recepție stabilă în timp pe o rază de câteva sute de km în jurul antenei de emisie cu o putere de ordinul a sute de kW.

1.4.4.3. Undele scurte (US)

Undele scurte, **US** (“high frequency” **HF**), se caracterizează prin frecvențe $3 \text{ MHz} \leq f \leq 30 \text{ MHz}$ (lungimi de undă $100 \text{ m} \geq \lambda \geq 10 \text{ m}$). Sunt atenuate de suprafața pământului și propagarea prin unde de suprafață nu depășește câteva zeci de kilometri. Undele spațiale sunt în mare parte absorbite de straturile **D** și **E**, rezultând o atenuare substanțială, iar un fenomen de reflexie a undelor se produce în principal în stratul **F**.

În timpul zilei, se pot utiliza unde scurte cu lungimi de undă în intervalul $10 \text{ m} \dots 25 \text{ m}$, cu condiția unor puteri suficiente la emisie pentru a compensa atenuarea de absorbție. În timpul nopții, stratul **D** dispare și concentrația stratului **F** scade, făcând posibilă reflexia undelor scurte cu lungimi de undă în intervalul $35 \text{ m} \dots 100 \text{ m}$. Se pot obține astfel radiolegături pe distanțe mari (4000 km) cu puteri relativ mici de emisie. Dimineața și seara se lucrează pe frecvențe care corespund lungimilor de undă $25 \text{ m} \dots 35 \text{ m}$. Astfel, stațiile de emisie trebuie să fie capabile să lucreze pe mai multe frecvențe, pentru a se adapta la modificările condițiilor de propagare între zi și noapte.

Într-o anumită regiune în jurul unei antene de emisie apare, mai ales noaptea, o **zonă de tăcere** care se datorează faptului că acolo nu pătrunde nici unda directă, nici undele reflectate în ionosferă (figura 1.35). Distanța maximă de recepție se obține pentru o emisie sub un unghi de elevație $\alpha = 0^\circ$ (tangential la suprafața Pământului). Pentru o elevație mai mare decât o valoare limită, undele scurte nu se mai reflectă.

Prin reflexii multiple, la recepție se pot întâlni mai multe unde provenind de la aceeași sursă. Apare astfel un “fading” de mare distanță, caracteristic undelor scurte. Fenomenul de “fading” este mult mai accentuat în domeniul undelor scurte decât pentru undele medii.

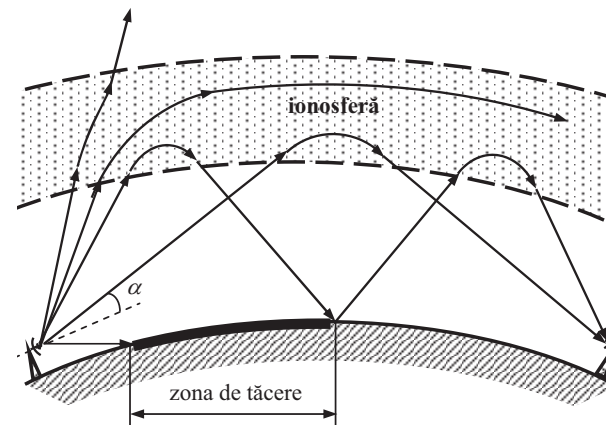


Fig.1.35. Trasee de propagare a US scurte funcție de elevație.

Sursa cea mai importantă de zgomot pentru unde scurte este interferența radio a stațiilor de emisie care lucrează pe frecvențe apropiate. O altă sursă de zgomot, pentru regiunile polare, o constituie perturbațiile stratului **F** (chiar dispariția acestuia pentru câteva ore).

1.4.4.4. Undele ultrascurte (UUS)

Undele ultrascurte, **UUS** (“very high frequency” **VHF**), se caracterizează prin frecvențe $30 \text{ MHz} \leq f \leq 300 \text{ MHz}$ (lungimi de undă $10 \text{ m} \geq \lambda \geq 1 \text{ m}$). Se propagă în principal prin unda directă și unda spațială reflectată de troposferă. Se asigură o legătură stabilă în limitele vizibilității directe dintre antena de emisie și antena de recepție. Distanța maximă de vizibilitate directă se poate calcula în funcție de înălțimile la care sunt plasate cele două antene și de raza pământului, conform relației (1.11):

$$D_{\max} = \sqrt{2 \cdot R} \cdot (\sqrt{h_E} + \sqrt{h_R}) \quad (1.31.a)$$

sau, înlocuind $R = 6370 \text{ km}$:

$$D_{\max} = 3,57 \cdot (\sqrt{h_E} + \sqrt{h_R}) [\text{km}], \quad (1.31.b)$$

3. Definiti directivitatea antenelor si exemplificati pe caracteristica de directivitate a antenei dipol unghiul de deschidere in planul E. (Bibliografie 1 – pag.82-83, 104)

1/2

82

RADIOCOMUNICAȚII. FUNDAMENTE

Pentru antena izotropă, densitatea de putere radiată prin unitatea de suprafață este:

$$p_{izo} = \frac{P_{\Sigma}}{A} = \frac{P_{\Sigma}}{4\pi r^2} \quad [W/m^2]. \quad (2.4)$$

Atunci când raza sferei este mult mai mare decât lungimea de undă a radiației ($r \gg \lambda$), într-un punct aflat la distanța r de antenă unda devine plană și densitatea de putere radiată se poate reprezenta prin vectorul lui Poynting, $\bar{S}$, a cărui modul are valoarea:

$$|\bar{S}| = p_{izo} = \frac{P_{\Sigma}}{4\pi r^2} = \frac{E_{ef}^2}{Z_0}. \quad (2.5)$$

În acest caz, intensitatea câmpului electric produs de o antenă izotropă într-un punct aflat la distanța r față de sursa de câmp electromagnetic este:

$$E_{ef} = \sqrt{\frac{Z_0 \cdot P_{\Sigma}}{4\pi r^2}} = \sqrt{\frac{120 \pi P_{\Sigma}}{4 \cdot \pi \cdot r^2}} = \frac{\sqrt{30 \cdot \pi}}{r} \approx 5,5 \frac{\sqrt{P_{\Sigma}}}{r}. \quad (2.6)$$

Relația (2.6) ne arată dependența intensității câmpului electric față de putere și distanță. Întrucât aceasta este invers proporțională cu distanța, apare o atenuare de propagare. Antenele reale au o serie de caracteristici și proprietăți, care pot fi riguros definite, ce le diferențiază între ele și de antena izotropă.

2.1.2. DIRECTIVITATEA

Una dintre principalele caracteristici ale antenelor o reprezintă directivitatea. Aceasta reprezintă, pentru o antenă de emisie, neuniformitatea distribuției puterii radiate (recepționate) în diferite direcții. Acest lucru constituie, în multe aplicații, un avantaj față de antena izotropă.

Antena nu distribuie uniform în spațiu puterea radiată, intensitatea radiației variind cu direcția (φ, θ) . Antena reală, anizotropă, prezintă, de obicei, o axă pe direcția căreia puterea radiată este maximă. Această axă poartă denumirea de axa principală de radiație și este utilizată ca axă de referință, într-un sistem de coordonate polare (figura 2.2), pentru aprecierea directivității.

Caracteristica de directivitate a unei antene se definește ca fiind raportul dintre intensitatea câmpului electric într-un punct P situat la distanța r față de antenă pe o anumită direcție caracterizată prin unghiurile φ și θ și intensitatea câmpului electric într-un punct P'' situat la aceeași distanță față de antenă pe axa principală de radiație:

ANTENE ȘI SISTEME RADIANTE

83

$$\rho(\varphi, \theta) = \frac{E(\varphi, \theta)}{E_0}. \quad (2.7)$$

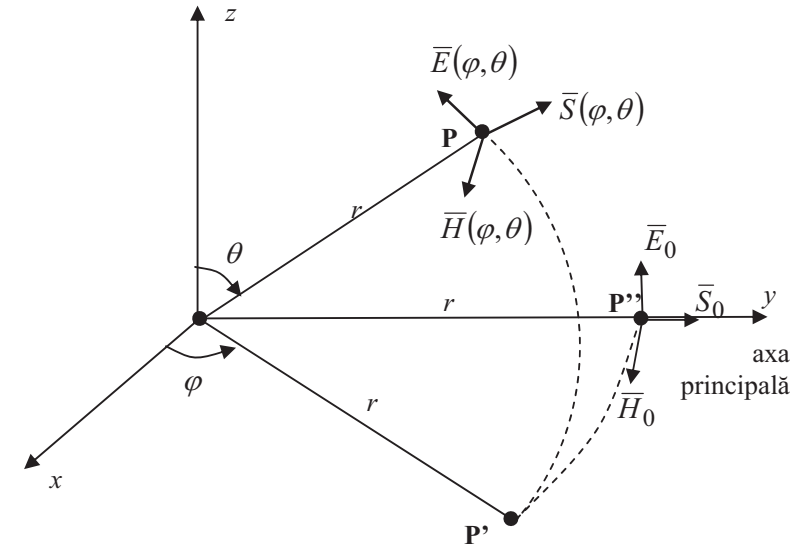


Fig. 2.2. Axa principală de radiație.

Funcția $\rho(\varphi, \theta)$, astfel definită, caracterizează distribuția câmpului electric radiat de antenă după orice direcție din spațiu. Analog se definește caracteristica de radiație, ca raport între puterile radiate pentru cele două direcții considerate:

$$F(\varphi, \theta) = \frac{p(\varphi, \theta)}{p_0}. \quad (2.8)$$

Spre deosebire de caracteristica de directivitate, caracteristica de radiație, are un caracter energetic deoarece exprimă distribuția puterii radiate de antenă.

Dacă ținem cont de relația (2.5), între $\rho(\varphi, \theta)$ și $F(\varphi, \theta)$ există următoarea relație de legătură:

$$F(\varphi, \theta) = \rho^2(\varphi, \theta). \quad (2.9)$$

Din punct de vedere al antenelor, caracteristicile tipice de radiație sunt cele prezentate în figura 2.3.

3. Definiti directivitatea antenelor si exemplificati pe caracteristica de directivitate a antenei dipol unghiul de deschidere in planul E. (Bibliografie 1 – pag.82-83, 104) 2/2

104

RADIOCOMUNICAȚII. FUNDAMENTE

și este reprezentată în figura 2.14.

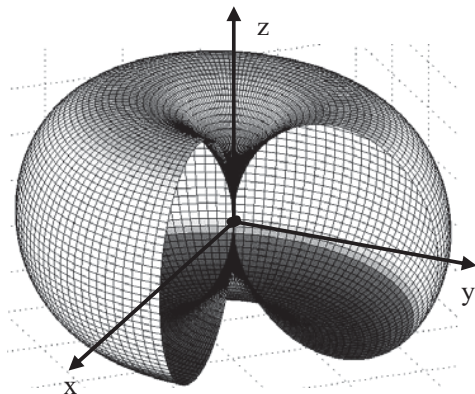


Fig. 2.13. Reprezentarea 3D a caracteristici de directivitate pentru un dipol în $\lambda/2$.

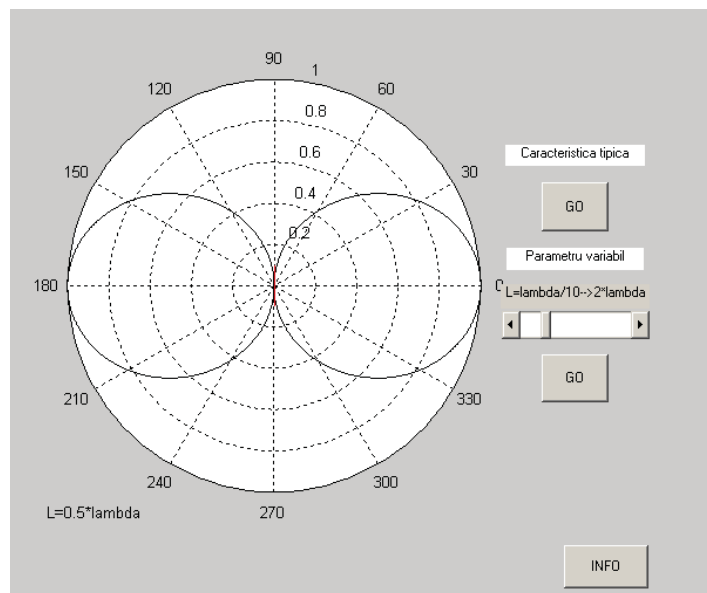


Fig. 2.14. Caracteristica de directivitate a dipolului în $\lambda/2$ în planul E.

4. Înălțimea și suprafața efectivă a antenelor. (Bibliografie 1 – pag.91-94)

$$R_{inA} = \frac{R_A}{\sin^2 \frac{\pi \cdot l}{\lambda}} = \frac{R_\Sigma + R_D}{\sin^2 \frac{\pi \cdot l}{\lambda}}. \quad (2.29)$$

Formele de variație a rezistenței de intrare R_{inA} și reactanței X_{inA} pentru un dipol în funcție de raportul l/λ sunt reprezentate în figura 2.6.

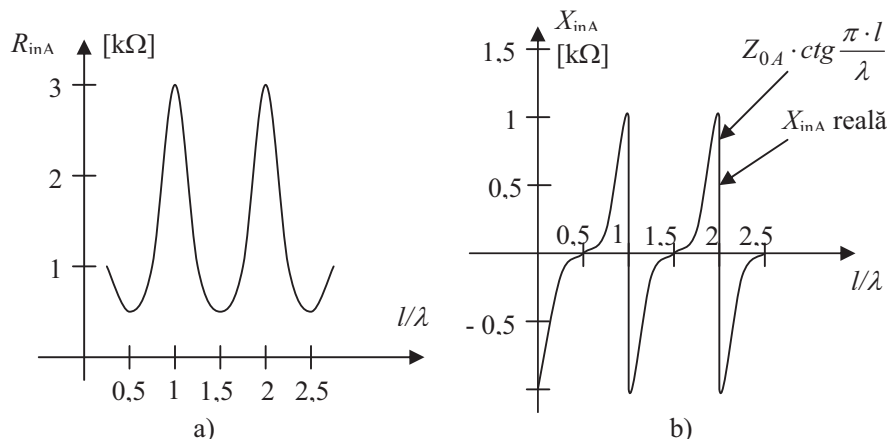


Fig. 2.6. a) variația rezistenței de intrare; b) variația reactanței de intrare.

Se observă că pentru $l/\lambda = 0,5$ se obține $R_{inA} = R_A$ iar pentru $l = \lambda$ o valoare teoretic infinită, dar cu o valoare reală dată de relația (2.28). Datorită rezistenței de radiație, în cazul antenelor, curbele de selectivitate în jurul punctelor de rezonanță sunt mai plate decât în cazul circuitelor LC rezonante.

O problemă importantă legată de impedanța antenelor o constituie adaptarea acestora. Prin adaptare se urmărește transferul maxim de putere precum și evitarea apariției undelor staționare pe linia de alimentare în cazul antenelor de emisie, respectiv transferul maxim de putere către receptor în cazul antenelor de recepție. Această problemă este deosebit de importantă, în special pentru antenele de măsurare de bandă largă.

2.1.5. ÎNĂLȚIMEA EFECTIVĂ

Un alt parametru al antenelor îl reprezintă înălțimea efectivă. *Înălțimea efectivă*, h_{ef} , a unei antene reale reprezintă înălțimea unei antene ipotetice care asigură aceeași arie sub curba de distribuție a curentului, dar într-o distribuție constantă a acestuia. În

figura 2.7 este prezentată spre exemplificare determinarea înălțimii efective a unei antene dipol în $\lambda/2$.

Astfel pentru o antenă de tip dipol, înălțimea efectivă va avea valoarea:

$$h_{ef} = \frac{2}{\pi} h_g \approx 0,64 \cdot h_g, \quad (2.30)$$

unde h_g este înălțimea geometrică a antenei (lungimea dipolului).

Înălțimea efectivă este utilă pentru aprecierea nivelului câmpului produs de o antenă într-un punct aflat la o distanță r față de aceasta:

$$E = A \cdot \frac{I_{\max} \cdot h_{ef}}{r}, \quad (2.31)$$

unde A reprezintă un coeficient de proporționalitate dependent de condițiile de propagare, directivitate și unitățile de măsură folosite.

Înălțimea efectivă este un parametru ce caracterizează orice tip de antenă și permite calculul direct al tensiunii induse la bornele antenei ce funcționează ca antenă receptoare.

$$e = E \cdot h_g. \quad (2.32)$$

Astfel definiția înălțimii efective a antenei poate fi enunțată și ca “raportul dintre tensiunea la bornele antenei și intensitatea câmpului electric care o produce”.

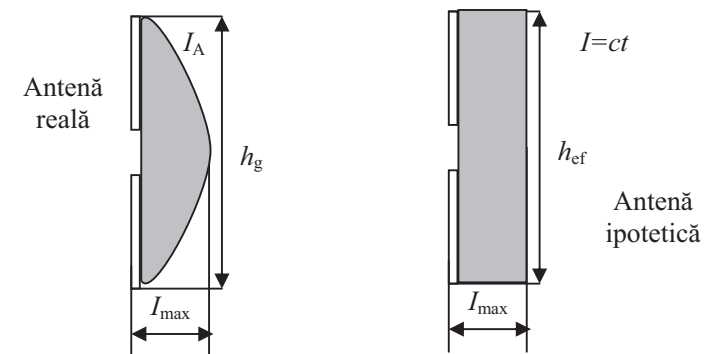


Fig.2.7. Înălțimea efectivă a dipolului.

4. Înălțimea și suprafața efectivă a antenelor. (Bibliografie 1 – pag.91-94)

2.1.6. BANDA DE FRECVENȚĂ

Banda de frecvență se definește ca “intervalul de frecvență în care performanțele antenei asociate unui parametru prestabilit se păstrează într-un domeniu specificat”. Ea se mai poate defini și ca domeniul de frecvență, de o parte și de alta a unei frecvențe centrale (cea de rezonanță, de exemplu), în care caracteristicile de interes (diagrama de radiație, câștigul, impedanța de intrare, direcția sau deschiderea unghiulară a lobului principal, polarizarea, nivelul lobilor secundari, eficiența de radiație – toate sau un grup restrâns al acestora) se păstrează apropiate de cele de la frecvența centrală. Deoarece caracteristicile enumerate nu sunt afectate în mod identic de modificarea frecvenței, banda de frecvență a unei antene nu se poate defini în mod unitar, ci în funcție de aplicație. Cel mai adesea banda de frecvență se definește în funcție de diagrama de radiație (ca formă, nivel al lobilor secundari, direcție a lobului principal sau deschidere unghiulară a acestuia), de impedanță și de câștig. De exemplu, se poate utiliza curba de selectivitate obținută prin variația impedanței Z_{inA} cu cel mult 3 dB.

În primul caz, banda de frecvență se definește ca intervalul de frecvențe Δf în care dezadaptarea produsă de modificarea lui Z_{inA} conduce la un factor de undă staționară de 0,5 pe linia de alimentare.

Banda de frecvențe se poate exprima fie prin valori absolute a lui Δf fie prin procente din frecvența centrală. În funcție de mărimea benzii de frecvență antenele se clasifică în: *antene rezonante* (pentru care banda de frecvență reprezintă câteva procente din frecvența centrală), *antene de bandă largă* (pentru care raportul dintre frecvența maximă și cea minimă este în jur de 10) și *antene independente de frecvență* (pentru care raportul dintre frecvența maximă și cea minimă este mai mare ca 100).

2.1.7. SUPRAFAȚA EFECTIVĂ

În general, un sistem de radiocomunicații este compus dintr-un emițător și un receptor aflate unul față de celălalt la o distanță r . *Suprafața efectivă* sau *apertura* unei antene reprezintă “raportul dintre puterea disponibilă la bornele antenei de recepție și densitatea de putere a undei plane incidente în punctul de recepție”. Dacă nu se specifică o direcție anume, atunci direcția implicită este cea de radiație maximă a antenei. Dacă o antenă nu prezintă pierderi în conductoarele și în dielectricul din structura ei, lucrează la adaptare cu sarcina și are proprietăți de polarizare adaptate undei recepționate, atunci expresia suprafeței efective a antenei în direcția de câștig maxim este:

$$S_{ef} = \frac{P_{rec}}{p} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{max}, \quad (2.33)$$

unde λ este lungimea de undă corespunzătoare frecvenței undei radiate.

Dacă se ține seama și de pierderile datorate împrăstierii fasciculului se obține suprafața geometrică a antenei, S_g , mai mare decât suprafața efectivă. În aceste condiții se poate defini eficiența antenei, η , astfel:

$$\eta = \frac{S_{ef}}{S_g} \leq 1, \quad (2.34)$$

unde η are valori cuprinse în domeniul (0,5 ÷ 0,8).

Pe baza relațiilor (2.4) și (2.17) densitatea de putere la recepție poate fi exprimată sub forma:

$$p = \frac{G_e \cdot P_e}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \quad (2.35)$$

unde indicele e semnifică parametri de la emisie. Dacă ținem cont de definiția suprafeței efective atunci:

$$S_{ef} = \frac{P_r}{p}, \quad (2.36)$$

înlocuind în relația (2.36) valoarea densității de putere la recepție (relația 2.35), obținem:

$$\frac{P_e}{P_r} = \frac{1}{G_e \cdot G_r} \cdot \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\lambda} \right)^2, \quad (2.37)$$

unde factorul $\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\lambda} \right)^2$ reprezintă atenuarea de propagare pe distanța r și este notat

cu a_p . Se observă că în cazul creșterii câștigurilor antenelor sistemului se obține o reducere a puterii de emisie, pentru o putere de recepție și o atenuare de propagare impuse.

2.1.8. ZGOMOTUL ANTENELOR

Antena de recepție și etajul de intrare al receptorului constituie o sursă de zgomot a cărui pondere este semnificativă în nivelul de zgomot de la ieșirea receptorului. Acest lucru se datorează faptului că zgomotul este amplificat de întregul lanț de amplificare.

Pentru a estima nivelul de zgomot se pornește de la expresia zgomotului termic:

5. Enumerati principalele caracteristici ale dipolului in $\lambda/2$. Cum se poate modifica impedanta acestuia si care este cea mai utilizata forma? (Bibliografie 1 – pag.102-108)

102

RADIOCOMUNICAȚII. FUNDAMENTE

1/4

103

$$R_{\Sigma} = 60 \cdot \int_0^{\pi} \rho^2(\theta) \sin \theta d\theta. \quad (2.61)$$

2.2.3. ÎNĂLȚIMEA EFECTIVĂ

Așa cum am discutat, înălțimea efectivă a unei antene depinde de distribuția curentului de-a lungul acesteia și are expresia:

$$h_{ef} = \frac{1}{I_{max}} \cdot \int_{-l/2}^{l/2} I(\xi) \cdot e^{j2\pi \frac{\xi}{\lambda} \cos \theta} d\xi. \quad (2.62)$$

Pentru antenele rectilinii simetrice, între înălțimea efectivă și rezistența de radiație este valabilă relația:

$$R_{\Sigma} = 80\pi^2 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{\lambda} \right)^2. \quad (2.63)$$

2.3. TIPURI CONSTRUCTIVE DE ANTENE FILARE

Antenele practice ce materializează conceptul teoretic de antenă filară se clasifică în două mari categorii: *antene dipol* și *antene long-wire* (fir lung). Diferențierea între cele două categorii se face în funcție de raportul dintre lungimea acesteia și lungimea de undă corespunzătoare $n = l/\lambda$ (lungime electrică echivalentă), însă limitele acceptate de diverse clasificări diferă foarte mult. În general, se admite că o antenă filară este de tip dipol dacă $n \leq 0,5$ și că este de tip "long-wire" sau undă progresivă dacă $n > 3$.

2.3.1. DIPOLUL ÎN $\lambda/2$

Dipolul cilindric este o materializare directă a conceptului de antenă filară. Dacă lungimea acestuia este $l = \lambda/2$, atunci acesta se numește dipol în $\lambda/2$ și poate fi considerat ca antenă de referință pentru celelalte tipuri de antene. Este una dintre cele mai utilizate antene datorită simplității structurale. Parametrii lui sunt ușor diferiți față de cei rezultați din analiza teoretică deoarece condiția ca lungimea să fie mult mai mare ca diametrul nu este întotdeauna riguros îndeplinită. Principalele diferențieri constau în următoarele:

ANTENE ȘI SISTEME RADIANTE

- Nulurile dintre lobi sunt de fapt atenuări mai puternice ale câmpului și nu anulări complete ale acestuia. Excepție fac nulurile pe direcția axei Oz după care este orientat dipolul.
- Forma caracteristicii de directivitate este afectată de diametrul dipolului.
- Rezistența de intrare este apropiată de valoarea teoretică numai dacă dipolul se află la distanță mare de planul de masă. În caz contrar, ea este puternic dependentă de condițiile de la terminalul de alimentare și de dimensiunile și proprietățile conductoare ale planului de masă.

El constă dintr-un conductor de secțiune circulară cu lungimea totală egală cu jumătate din lungimea de undă a câmpului radiat având distribuția undelor staționare de curent și tensiune prezentate în figura 2.12, motiv pentru care mai este cunoscut și sub denumirea de dipol cilindric.

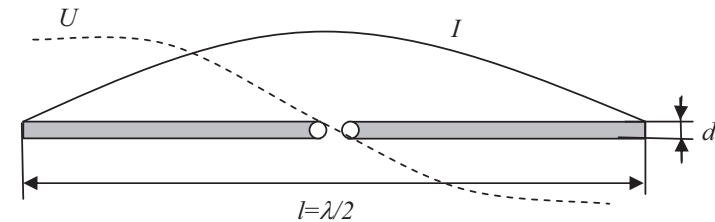


Fig. 2.12. Dipolul în $\lambda/2$.

Conform relației 2.56 câmpul electric în regiunea de radiație este:

$$E = j \cdot 60 \cdot I_0 \frac{1}{r} \cdot e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}r} \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta\right)}{\sin \theta} \quad (2.64)$$

se observă că modulul componentei electrice este maxim în direcția $\theta = \pi/2$ (perpendicular pe axa Oz după care este orientat dipolul), independent de unghiul φ . În spațiu caracteristica de directivitate este un tor având ca axă de simetrie axa Oz (figura 2.13).

Conform relației (2.58), caracteristica de directivitate, în planul E, a dipolului în $\lambda/2$ are expresia:

$$\rho(\theta) = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta\right)}{\sin \theta} \quad (2.65)$$

5. Enumerati principalele caracteristici ale dipolului în $\lambda/2$. Cum se poate modifica impedanta acestuia si care este cea mai utilizata forma? (Bibliografie 1 – pag.102-108)

104

RADIOCOMUNICAȚII. FUNDAMENTE

și este reprezentată în figura 2.14.

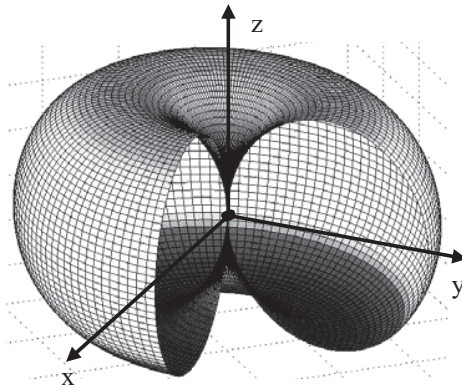


Fig. 2.13. Reprezentarea 3D a caracteristicii de directivitate pentru un dipol în $\lambda/2$.

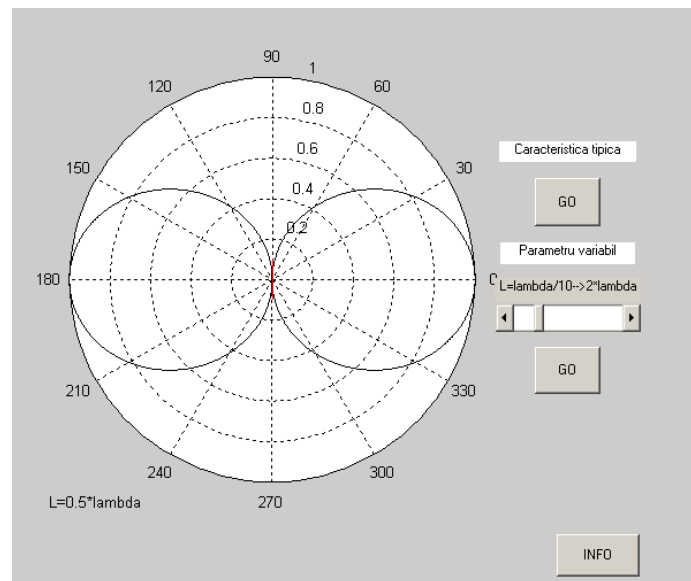


Fig. 2.14. Caracteristica de directivitate a dipolului în $\lambda/2$ în planul E.

ANTENE ȘI SISTEME RADIANTE

2/4

105

Deschiderea unghiulară este de aproximativ 78° în planul E, iar în planul H caracteristica fiind una omnidirecțională deschiderea este 180° . Pentru raportul față spate se obține valoarea de 0 dB.

Rezistența de radiație, R_Σ , și impedanța de intrare, Z_{inA} , depind de construcția dipolului prin parametrii l/d și l/λ . În figura 2.15 sunt reprezentate variațiile rezistenței de radiație și a impedanței de intrare funcție de raportul l/λ în condițiile unor rapoarte l/d definite. Diametrul conductorului din care se realizează antena este ales funcție de banda de frecvență pentru care se dorește utilizarea antenei. Deoarece în jurul frecvenței de rezonanță dipolul în $\lambda/2$ se comportă foarte asemănător unui circuit rezonant serie, se poate defini banda de trecere a antenei ca fiind banda de frecvență în limitele căreia modulul impedanței de intrare variază în limita a 3 dB. Pentru cazul $l/d = 45$, limitele benzii de frecvență sunt $0,4 \, l/\lambda$ și $0,496 \, l/\lambda$. În aceste condiții banda de trecere obținută are valoarea de aproximativ $0,216 \cdot f_0$.

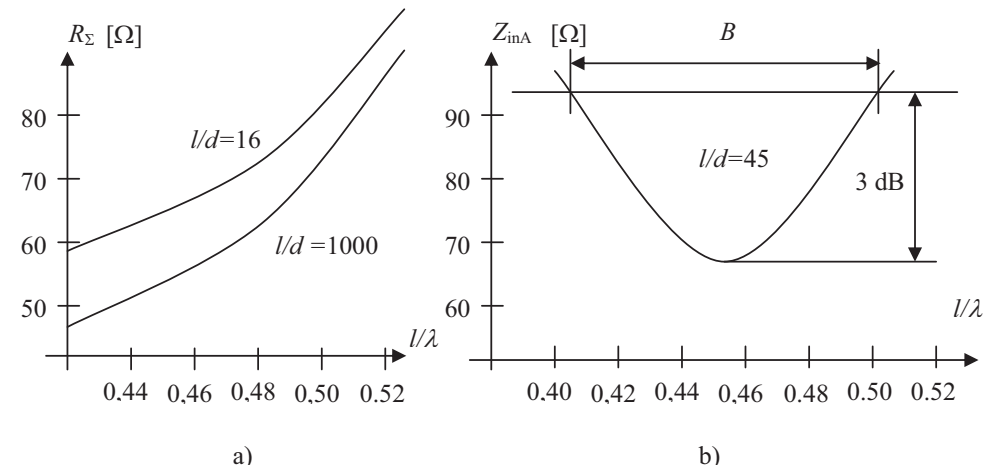


Fig. 2.15. a) Rezistența de radiație; b) Impedanța de intrare a dipolului în $\lambda/2$.

După cum se constată, minimul impedanței dipolului se obține la o valoare a raportului $l/\lambda < 0,5$, fapt datorat vitezei finite de propagare a unei electromagnetice prin dipol ($v < c$), care se manifestă printr-un coeficient de scurtare a lungimii dipolului (fenomen similar segmentelor liniei de transmisie). Impedanța antenei este de aproximativ $75 \, \Omega$, iar înălțimea efectivă λ/π .

În general, principala cerință a unei antene este selectivitatea (bandă de frecvențe îngustă), care are ca scop reducerea componentelor de intermodulație. Pe de altă parte, în tehnica măsurărilor sau pentru recepția diferitelor programe se dorește acoperirea unei game de frecvențe cât mai mari.

5. Enumerati principalele caracteristici ale dipolului în $\lambda/2$. Cum se poate modifica impedanta acestuia și care este cea mai utilizată formă?

(Bibliografie 1 – pag.102-108)

106

RADIOCOMUNICAȚII. FUNDAMENTE

De exemplu, creșterea diametrului conductorului la antenele în $\lambda/2$ conduce la creșterea benzii de frecvență, scăderea rezistenței de intrare și a frecvenței proprii de rezonanță. De asemenea, o consecință negativă este creșterea capacității parazite între cele două conductoare care conduce la șuntarea antenei.

O alternativă pentru eliminarea acestui neajuns este antena dipol biconic. Aceasta este de fapt un dipol ale cărui brațe sunt conuri având unghiul la vârf $2\cdot\theta_0$. Variația impedanței de intrare cu unghiul de deschidere variază neliniar, în practică folosindu-se domeniul cuprins între 30° și 60° , pentru care această variație este mai lentă. Astfel prin alegerea corespunzătoare a unghiului de deschidere θ_0 se poate obține valoarea dorită a impedanței de intrare.

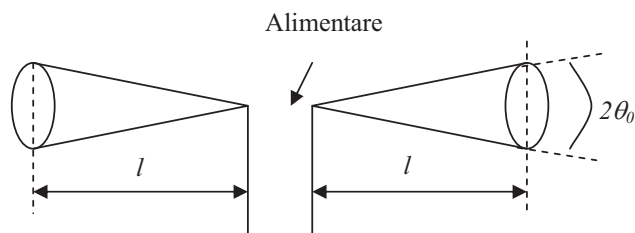


Fig. 2.16. Antena dipol biconic.

Forma caracteristicii de directivitate depinde în principal de lungimea l a fiecăruia din cele două conuri. Unghiul θ_0 influențează deschiderea lobului principal. De exemplu, pentru $\theta_0 = 30^\circ$ dipolul biconic în $\lambda/2$ are o deschidere a lobului principal de circa 100° . Datorită variației permanente a diametrului secțiunii transversale (forma conică a brațelor dipolului biconic este conformă cu unul din principiile de realizare a antenelor independente de frecvență) banda de frecvență a acestor antene, deși nu este la fel de mare ca a antenelor independente de frecvență, este destul de largă, ajungând la un raport $f_{\max}/f_{\min}$ de aproximativ 10.



Fig. 2.17. Antena dipol cu discuri conductoare.

Pentru micșorarea dimensiunilor geometrice ale dipolului se poate utiliza varianta constructivă a dipolului cu discuri conductoare (figura 2.17), în care la capetele celor doi electrozi ce formează dipolul sunt lipite două discuri conductoare.

ANTENE ȘI SISTEME RADIANTE

3/4

107

Utilizarea celor două discuri conduce la creșterea capacității antenei față de mediul înconjurător, ceea ce este echivalent cu creșterea lungimii acesteia, și deci, implicit, scăderea frecvenței de rezonanță.

Necesitatea creșterii impedanței dipolului a condus la construcția dipolului îndoit. Această soluție are la bază proprietatea unui conductor radiant de a-și mări rezistența de radiație o dată cu creșterea lungimii, pentru o lungime de undă λ impusă. Practic acesta este format din doi dipoli simpli așezați în paralel, la o distanță mică unul față de celălalt. În figura 2.18 este prezentat modul de obținere al dipolului îndoit.

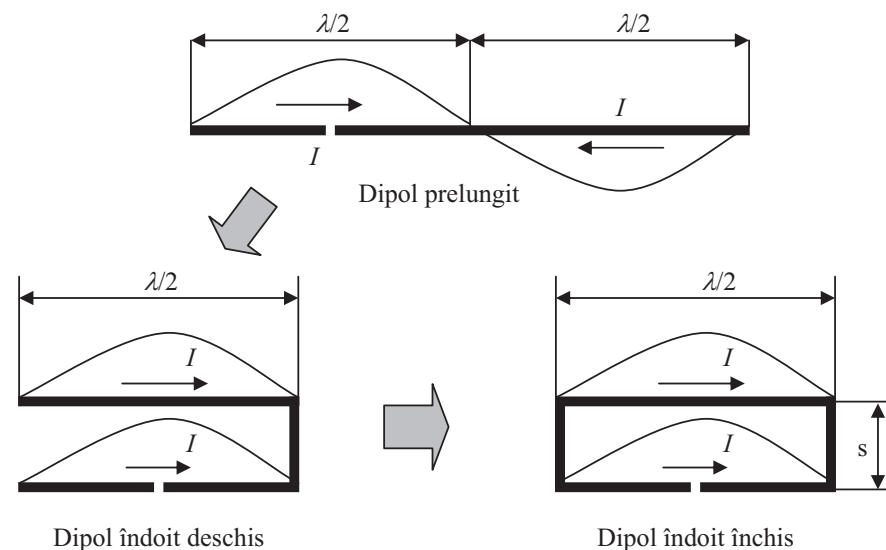


Fig. 2.18. Obținerea dipolului îndoit închis.

Dipolul este închis pentru reducerea pierderilor, iar radiația este identică cu cea a unui dipol simplu. Rezistența de radiație este de aproximativ $300\ \Omega$ (de patru ori mai mare decât cea a dipolului simplu). Din punct de vedere al benzii de trecere, dipolul se comportă ca un dipol simplu mai gros, de diametru echivalent:

$$d_{echiv} = \sqrt{2ds}, \quad (2.66)$$

în care d este diametrul conductorului, iar s distanța dintre cele două ramuri. Lungimea dipolului, l , care intervine în calcule se consideră ținând seama de racordurile de la capetele acestuia.

5. Enumerati principalele caracteristici ale dipolului in $\lambda/2$. Cum se poate modifica impedanta acestuia si care este cea mai utilizata forma? (Bibliografie 1 – pag.102-108)

4/4

108

RADIOCOMUNICAȚII. FUNDAMENTE

Se pot construi dipoli îndoiți cu impedanțe de valori diferite prin modificarea diametrelor celor două ramuri ale dipolului îndoit.

Așa cum am precizat una din cerințele conectării antenelor este adaptarea. În cazul dipolului în $\lambda/2$, care este simetric, conectarea cu ajutorul cablurilor coaxiale presupune simetrizarea sau dacă este vorba de un cablu simetric (cablul bifilar) adaptarea de impedanță.

Transformările de impedanță se realizează conform relației:

$$Z_i = Z_c \cdot \frac{Z_s + j \cdot Z_c \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot l\right)}{Z_c + j \cdot Z_s \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot l\right)}, \quad (2.67)$$

unde Z_s este impedanța de sarcină și Z_c impedanța caracteristică a liniei,

Ținând cont de lungimea liniei și de faptul că se dorește atât adaptarea (transformarea de impedanță) cât și simetrizarea în figura 2.19 sunt prezentate principalele soluții utilizate la conectarea dipolilor.

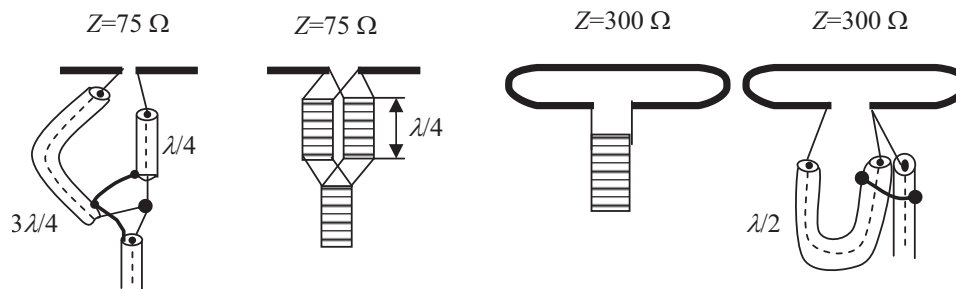


Fig. 2.19. Adaptarea și simetrizarea conexiunilor dipol cablu de legătură.

2.3.2. ANTENE MONOPOL

Prin amplasarea unei antene în apropierea solului comportamentul ei este influențat de conductivitatea și permitivitatea acestuia. Studiul efectului acestei influențe asupra antenelor este facilitat de utilizarea imaginii virtuale a antenei ce se crează față de suprafața pământului (figura 2.20). Apariția acestei imagini se explică prin fenomenul de reflexie ce apare la suprafața unui conductor ideal. Astfel într-un punct P se însumează unda directă cu unda reflectată de suprafața conductoare. În această situație unda reflectată poate fi considerată ca undă directă produsă de

6. Antena LOG – Periodică. Caracteristici, forma, utilizare (Bibliografie 1 – pag.128)

128

RADIOCOMUNICAȚII. FUNDAMENTE

2.4.7. ANTENA LOG-PERIODICĂ

Creșterea numărului de programe ce se doresc a fi recepționate precum și necesitatea unei benzi de frecvență crescută în tehnicile de măsurare au condus la dezvoltarea unor antene a căror bandă de frecvență să acopere o gamă de frecvențe cât mai mare. În această direcție au fost dezvoltate antenele logaritmice. Acest tip de antene se bazează pe faptul că lungimea diverselor elemente corespunde unor canale diferite de recepționat. Astfel, în domeniul frecvențelor ridicate funcționează, în principal, elementele de lungime mică, iar în domeniul frecvențelor joase, elementele de lungime mare.

Antena log-periodică este o antenă a căror elemente variază logaritmically, proprietățile acesteia repetându-se periodic cu logaritmul frecvenței. Structura unei astfel de antene este prezentată în figura 2.44.

Alimentarea antenei se face în punctele notate cu F, iar parametrii antenei sunt determinați de unghiul α , precum și de raportul:

$$\tau = \frac{l_n}{l_{n+1}} = \frac{x_n}{x_{n+1}} < 1. \quad (2.84)$$

Valorile uzuale ale raportului sunt: $\tau = 0,9 \dots 0,5$.

Acest tip de antenă nu are câștiguri prea ridicate, motiv pentru care se folosește, de obicei, în combinație cu un reflector parabolic, jucând în acest caz rol de excitator. De asemenea se poate utiliza în combinație cu antena biconică în vederea scăderii limitei inferioare a benzii de frecvențe.

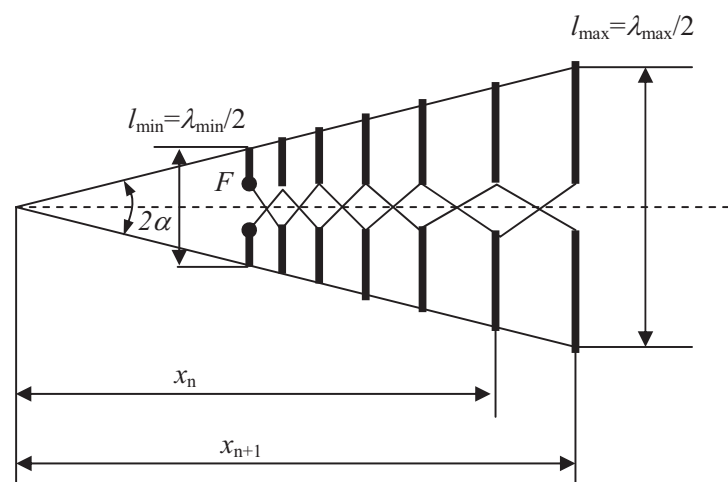


Fig. 2.44. Antena log-periodică.

7. Cum se poate obtine un sistem radiant, cum poate fi caracterizat si care este caracteristica de radiatie a sistemului radiant format din doi dipoli comandati in antifaza? (Bibliografie 1 – pag.115-118) 1/2

2.4. SISTEME RADIANTE

Realizarea unor antene cu o anumită formă a caracteristicii de directivitate, precum și cu un câștig ridicat este posibilă prin utilizarea unor combinații formate dintr-un număr oarecare de radiatoare identice sau diferite. Cele mai simple structuri de sisteme radiante se obțin cu ajutorul dipolilor, dar concluziile rezultate din analiza acestora au caracter de generalitate.

Deoarece pentru dipolul în $\lambda/2$ radiația este simetrică în raport cu axa pentru care i se măsoară lungimea, și ținând cont de faptul că un sistem radiant poate fi format din dipoli aflați în diferite poziții, în unele cazuri, este convenabilă exprimarea caracteristicii de directivitate în funcție de un parametru independent de poziție. Acest parametru poate fi unghiul α format de axa dipolului cu o direcție oarecare din spațiu (figura 2.29). Din aceste considerente relația (2.65) devine:

$$\rho(\alpha) = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \cos \alpha\right)}{\sin \alpha} \quad (2.68)$$

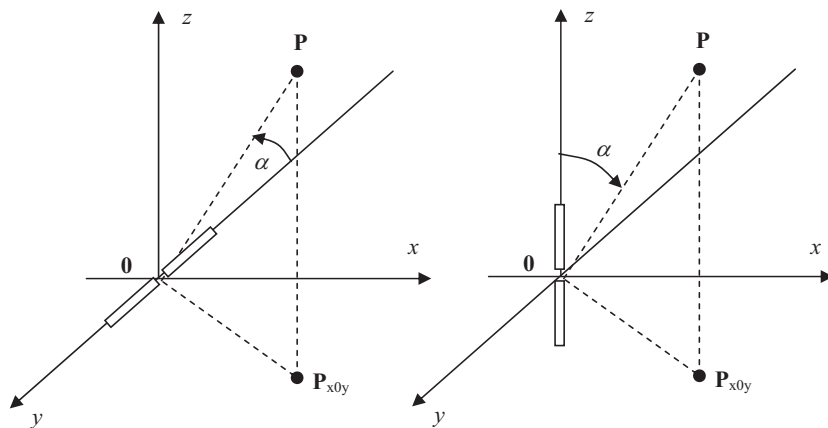


Fig. 2.29. Definierea unghiului α pentru dipolul orizontal și respectiv vertical.

Caracteristica de directivitate a dipolului în planurile E și H este prezentată în figura 2.30. Pentru dipolul orizontal orientat după axa y, planul E este planul xOy (sau

yOz), iar planul H este xOz . Pentru dipolul vertical, orientat după axa z, planul E este xOz (sau yOz), iar planul H este xOy .

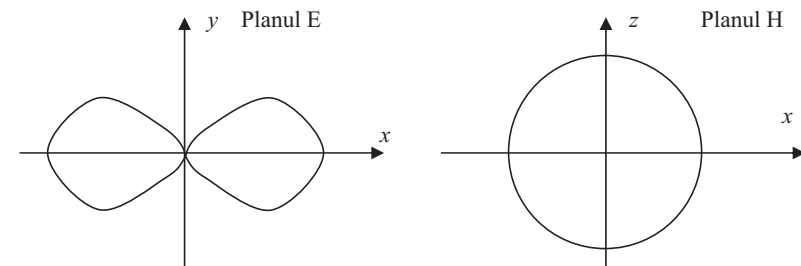


Fig. 2.30. Caracteristica de directivitate a dipolului elementar în $\lambda/2$ cu poziția coliniară cu axa y.

2.4.1. SISTEMUL FORMAT DIN DOUĂ ANTENE IZOTROPE

Analiza unui sistem radiant necesită cunoașterea poziției și a curenților fiecărui element în parte. Între anumit punct din spațiu și elementele componente ale sistemului apare o diferență de drum $d \cdot \cos \theta$, unde θ reprezintă unghiul făcut de una din axele de coordonate considerate și direcția considerată, iar d distanța dintre cele două elemente. Aplicând principiul superpoziției, radiația sistemului depinde de distanța d și de unghiul θ (antene izotrope). Astfel, radiatorul echivalent obținut va avea o caracteristică dependentă de relația:

$$AF = \cos\left(\frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cos \theta\right). \quad (2.69)$$

Funcția notată cu AF (AF – Array Factor) definește comportarea sistemului radiant și poate fi utilizată și în cazul în care antenele izotrope sunt înlocuite cu antene reale, motiv pentru care mai este numită și *factor de sistem*. Dacă considerăm ca axa de referință axa z, atunci sistemul este, în planul xOy , omnidirecțional. Câteva dintre formele de variație ale funcției AF dependente de raportul d/λ sunt prezentate în figura 2.31.

Câștigul teoretic al sistemului în plan orizontal este 3 dB (puterea recepționată se dublează).

În cazul general al unui sistem format din n antene izotrope, așezate echidistant în lungul unei axe, factorul de sistem, AF , are expresia:

7. Cum se poate obtine un sistem radiant, cum poate fi caracterizat si care este caracteristica de radiatie a sistemului radiant format din doi dipoli comandati in antifaza? (Bibliografie 1 – pag.115-118) 2/2

$$AF(\theta) = \frac{\sin\left(n \cdot \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot \cos\theta\right)}{n \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot \cos\theta\right)} \quad (2.70)$$

Caracteristica de directivitate a șirului rămâne simetrică în raport cu axa z, iar câștigul crește o dată cu numărul de elemente n din care este format. Câștigul poate fi calculat cu relația $G = 10 \cdot \lg n$.

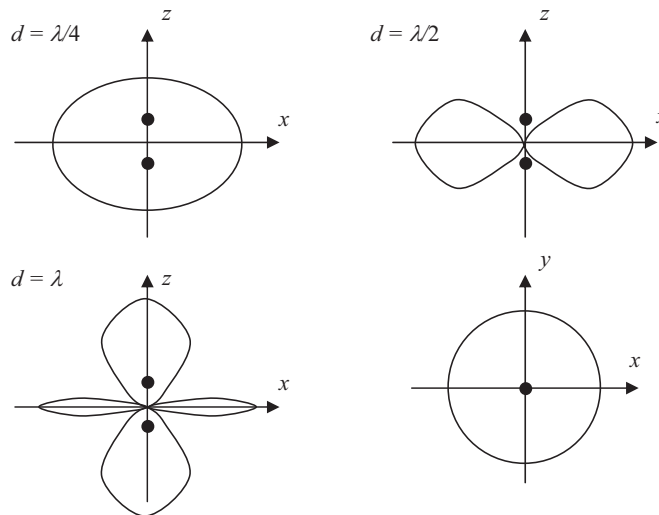


Fig. 2.31. Comportarea sistemului format din două antene izotrope funcție de distanța d dintre elementele sistemului.

2.4.2. SISTEMUL FORMAT DIN DOI DIPOLI COMANDAȚI ÎN ANTIFAZĂ

Atunci când se realizează sisteme radiante, acestea fiind liniare, se poate aplica principiul superpoziției, adică valoarea rezultată a câmpului corespunzător sistemului este suma câmpurilor individuale ale componentelor din care este alcătuit acel sistem. Valoarea rezultantă a câmpului fiind determinată de defazajul inițial dintre cele două câmpuri, precum și de diferența de drum dintre cele două unde care interferează (figura

2.32). Din punct de vedere practic, un caz de maxim interes este cel în care distanța dintre cei doi dipoli este $d = \lambda/2$, iar defazajul este de 180° .

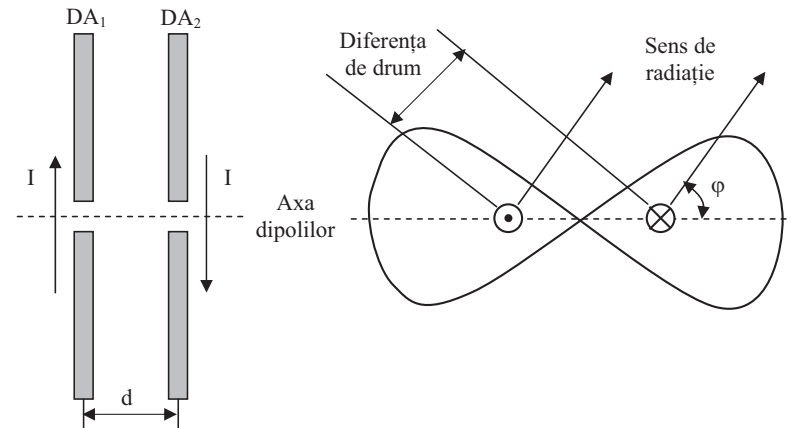


Fig. 2.32. Sistem format din doi dipoli comandați în antifază.

Câmpurile E_1 (produs de dipolul DA_1) și E_2 (produs de dipolul DA_2) pe axa principală de radiație sunt reprezentate în figura 2.33. Datorită comenzii în antifază și a distanței egale cu $\lambda/2$ dintre cei doi dipoli, pe axa principală de radiație, cele două câmpuri se însumează în fază în fiecare punct, rezultanta interferenței reprezentând dublarea câmpului produs de unul din cei doi dipoli.

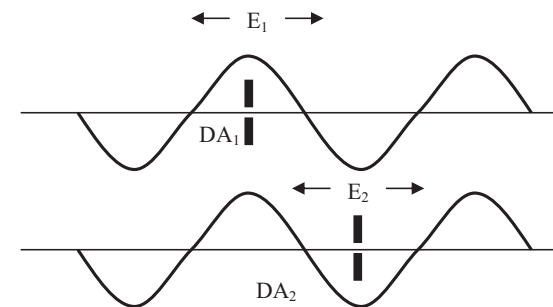


Fig. 2.33. Câmpul produs de doi dipoli comandați în antifază pe axa principală de radiație.

8. Receptoare radio. Principiul heterodinării (schema bloc).

Ce este frecvența imagine și cum poate fi eliminată influența acesteia?

(Bibliografie 1 – pag.201-211, Bibliografie 2 – paginile 6-12)

1/8

Blocul de radiofrecvență (Bloc RF) realizează în principal:

1) Amplificarea

Semnalul util recepționat poate avea o amplitudine mult mai mică decât alte semnale având frecvențe foarte apropiate. Puterea recepționată depinde de distanța dintre emițător și receptor, de puterea de emisie precum și de mediul care înconjoară receptorul. Nivelul puterii de radiofrecvență la intrarea receptorului este de obicei foarte mic. El poate varia între $n \times 10^{-12} W$ și $n \times 10^{-6} W$, ceea ce necesită din partea sistemului de recepție o funcționare într-un domeniu cu dinamică foarte largă.

2) Selecția

Sunt necesare mai multe filtrări consecutive pentru a putea separa semnalul dorit de semnalele interferente. Disponibilitatea unor filtre adecvate dictează arhitectura receptorului.

3) Translația de frecvență

Translația sau schimbarea de frecvență este necesară în vederea prelucrării semnalului la frecvențe mai convenabile. Astfel, o parte din amplificarea semnalului și operația de demodulare se pot efectua la o frecvență mult mai joasă decât frecvența radio recepționată de antenă.

Amplificatorul demodulator (Amplif. Demod.) realizează extragerea semnalului util din cel de înaltă frecvență, prin operația de demodulare adecvată (AM, FM, SSB, FSK, PSK, QAM sau altele) și amplificarea semnalului demodulat la nivelul necesar.

4.2.2. TEHNICA HETERODINĂRII

Parametrii radioreceptorului diferă în funcție de frecvența care trebuie recepționată. O tehnică ce evită modificarea parametrilor este **heterodinarea**, care constă în translatarea frecvenței recepționate, f_{RF} , pe o frecvență de valoare fixă (numită **frecvență intermediară**, f_{IF}), utilizând un semnal propriu radioreceptorului cu frecvența f_{OL} (**frecvența oscilatorului local**), variabilă la variația lui f_{RF} .

Rezultă schema bloc a **receptorului heterodină** (Armstrong 1917) prezentată în figura 4.3, unde: RF = radiofrecvență, IF = frecvență intermediară, LNA = “low noise amplifier”, amplificator de zgomot redus; LO = “local oscillator”, oscilator local (OL); RSSI = “received signal strength indicator”, indicator al nivelului semnalului recepționat; AGC = “automatic gain control”, control automat al amplificării.

Pentru extragerea informației, semnalul recepționat este supus unei schimbări de frecvență. Semnalul cu frecvența f_{RF} este mixat cu semnalul generat de oscilatorul local, ce poate genera o frecvență f_{OL} variabilă. La ieșirea mixerului rezultă două componente de intermodulație având frecvențele $f_{RF} \pm f_{OL}$. Filtrul de frecvență intermediară rejectează componenta de frecvență mare, adică suma $f_{RF} + f_{OL}$ și lasă să treacă doar componenta de frecvență mică (diferență), care are o valoare fixată la

$$f_{IF} = f_{RF} - f_{OL} \quad (4.1.a)$$

În acest caz, deoarece $f_{RF} > f_{OL}$, semnalul de frecvență intermediară se numește de frecvență **infradină**.

O altă situație o reprezintă cazul $f_{OL} > f_{RF}$, în care semnalul de frecvență intermediară se numește de frecvență **supradină** și are expresia:

$$f_{IF} = f_{OL} - f_{RF} \quad (4.1.b)$$

Tehnica se numește **superheterodinare**.

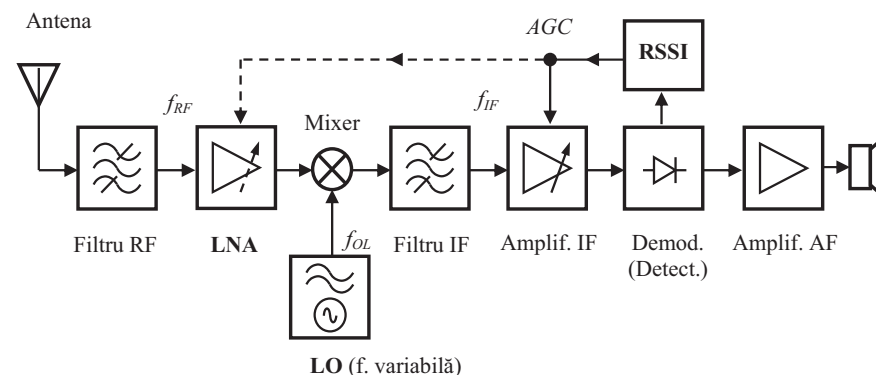


Fig.4.3. Schema bloc a receptorului heterodină.

Prin translația de frecvență din RF în IF, lărgimea de bandă a canalului util rămâne neschimbată, ceea ce permite utilizarea unui filtru IF de selecție cu factor de calitate mult mai mic decât cel necesar dacă selecția s-ar fi realizat direct în RF. Un al doilea beneficiu rezultă din faptul că filtrul IF funcționează pe o frecvență fixă (nu trebuie reacordat), selecția unui anumit canal fiind obținută prin schimbarea frecvenței oscilatorului local.

Acordul receptorului se realizează în blocul RF (“tuner”). Trecerea de la un post la altul presupune reacordarea circuitului de intrare (Filtru RF + LNA) concomitent cu modificarea frecvenței oscilatorului local (LO), astfel încât relația (4.1) să fie respectată. Acordul se poate realiza în două variante:

a) Acordul manual

Se poate realiza capacitiv (sau eventual inductiv), ca în figura 4.4. El presupune reglarea simultană a două reactanțe de valori diferite (monoreglaj), dar apar probleme de aliniere în gama de reglaj.

8. Receptoare radio. Principiul heterodinării (schema bloc).

Ce este frecvența imagine și cum poate fi eliminată influența acesteia?

(Bibliografie 1 – pag.201-211, Biblografie 2 – paginile 6-12)

2/8

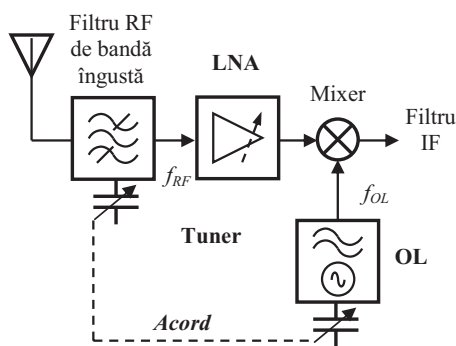


Fig.4.4. Realizarea acordului manual.

b) Acordul electronic

Se poate realiza acordul OL cu o diodă varicap comandată în tensiune, sau se poate utiliza o comandă numerică (permite memorarea frecvenței) și un convertor numeric - analogic (CNA) pentru realizarea tensiunii de comandă (figura 4.5). Comanda numerică se poate utiliza direct dacă OL este înlocuit cu un sintetizor de frecvență.

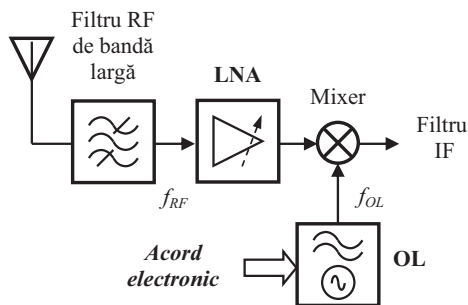


Fig.4.5. Realizarea acordului electronic.

Mixerul sau schimbătorul de frecvență realizează heterodinarea. Mixarea frecvențelor este de fapt o multiplicare a semnalelor de intrare ale mixerului. Dacă

semnalele de intrare sunt cele din figura 4.6, atunci semnalul de ieșire al mixerului este dat de una din relațiile de mai jos:

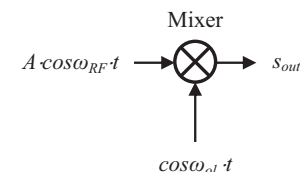


Fig.4.6. Simbolizarea mixerului.

- dacă $f_{RF} > f_{OL}$, atunci:

$$\begin{aligned} s_{out} &= A \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t) \cdot \cos(\omega_{OL} \cdot t) = \\ &= \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega_{RF} - \omega_{OL}) \cdot t + \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega_{RF} + \omega_{OL}) \cdot t; \end{aligned} \quad (4.2.a)$$

- dacă $f_{OL} > f_{RF}$, atunci:

$$\begin{aligned} s_{out} &= A \cdot \cos(\omega_{OL} \cdot t) \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t) = \\ &= \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega_{OL} - \omega_{RF}) \cdot t + \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega_{OL} + \omega_{RF}) \cdot t. \end{aligned} \quad (4.2.b)$$

Filtrul de frecvență intermediară (Filtru IF) selectează doar componenta cu minus din relațiile (4.2). Amplificatorul de frecvență intermediară (Amplif. IF) realizează amplificarea semnalului de frecvență intermediară, asigurând distorsiuni minime și atenuarea canalelor adiacente.

Demodulatorul (Demod.) extrage semnalul de audiofrecvență din semnalul modulat. Amplificatorul de audiofrecvență (Amplif. IF) amplifică semnalul audio la nivelul dorit. Difuzorul transformă semnalul electric în semnal acustic.

Semnalele de radiofrecvență captate de antenă au nivele de putere foarte diferite, de la zeci ... sute de μV (de la posturi de mică putere sau îndepărtate) până la unități ... zeci de mV (de la posturi de mare putere sau apropiate). O amplificare globală constantă ar produce la ieșirea difuzorului o intensitate sonoră dependentă de nivelul semnalului de intrare în radioreceptor. Pentru a evita această situație, deci pentru o audiere de nivel aproape constant, independent de postul recepționat, se realizează o buclă de **reglaj automat al amplificării (AGC)** care utilizează

8. Receptoare radio. Principiul heterodinării (schema bloc).

Ce este frecvența imagine și cum poate fi eliminată influența acesteia?

(Bibliografie 1 – pag.201-211, Biblografie 2 – paginile 6-12)

3/8

care atacă circuitul de intrare, la comanda unor elemente de circuit ce modifică amplificarea lanțului de transmitere în sensul menținerii constante a componentei continue, deci și a semnalului demodulat.

4.2.3. FRECVENȚA IMAGINE

Problema frecvenței imagine apare în mod special la receptoarele cu filtru RF de bandă largă. Un receptor heterodină este vulnerabil față de orice semnal perturbator a cărui frecvență coincide cu frecvența imagine a canalului util recepționat. Frecvența imagine este o radiofrecvență care mixată cu f_{OL} produce o diferență egală cu frecvența intermediară f_{IF} . În general, un semnal perturbator plasat, în raport cu frecvența oscilatorului local, simetric cu frecvența recepționată, va trece neatenuat prin AFI și prin urmare se va suprapune cu semnalul util.

1) **Cazul** $f_{RF} > f_{OL}$: operația de trecere de la semnal RF la semnal IF este prezentată în figura 4.7.

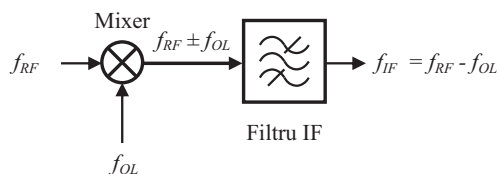


Fig.4.7. Operația de trecere de la semnal RF la semnal IF în cazul $f_{RF} > f_{OL}$.

În acest caz $f_{RF} = f_{OL} + f_{IF}$ și atunci, după cum rezultă din figura 4.8, frecvența imagine este dată de relația:

$$f_{imag} = f_{OL} - f_{IF} = f_{RF} - 2f_{IF}. \quad (4.3.a)$$

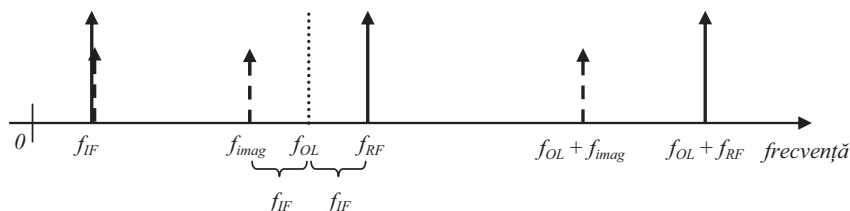


Fig.4.8. Frecvența imagine în cazul $f_{OL} > f_{RF}$.

2) **Cazul** $f_{OL} > f_{RF}$: operația de trecere de la semnal RF la semnal IF este prezentată în figura 4.9.

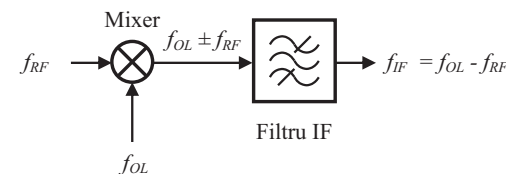


Fig.4.9. Operația de trecere de la semnal RF la semnal IF în cazul $f_{OL} > f_{RF}$.

În acest caz $f_{RF} = f_{OL} - f_{IF}$ și atunci, după cum rezultă din figura 4.10, frecvența imagine este dată de relația:

$$f_{imag} = f_{OL} + f_{IF} = f_{RF} + 2f_{IF}. \quad (4.3.b)$$

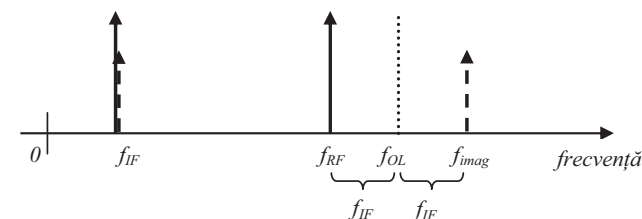


Fig.4.10. Frecvența imagine în cazul $f_{OL} > f_{RF}$.

Pentru o asemenea structură de receptor, frecvența imagine poate fi rejectată numai de filtrul RF de la intrare, în măsura în care semnalul perturbator se plasează în afara benzii utile a filtrului RF, bandă ce conține canalele recepționate.

Prezintă o importanță deosebită poziția în care se află frecvența imagine față de banda de trecere a filtrului RF. Diverse situații sunt prezentate în figura 4.11.

8. Receptoare radio. Principiul heterodinării (schema bloc).

Ce este frecvența imagine și cum poate fi eliminată influența acesteia?

(Bibliografie 1 – pag.201-211, Biblografie 2 – paginile 6-12)

4/8

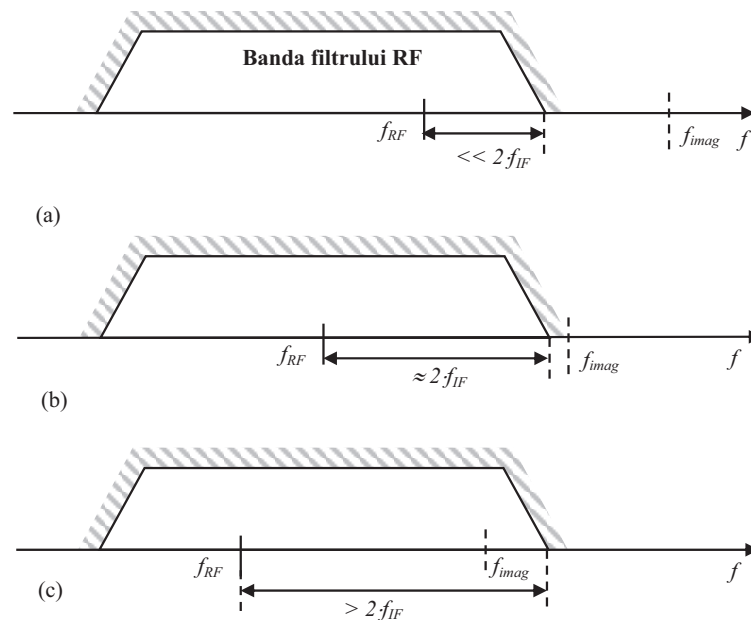
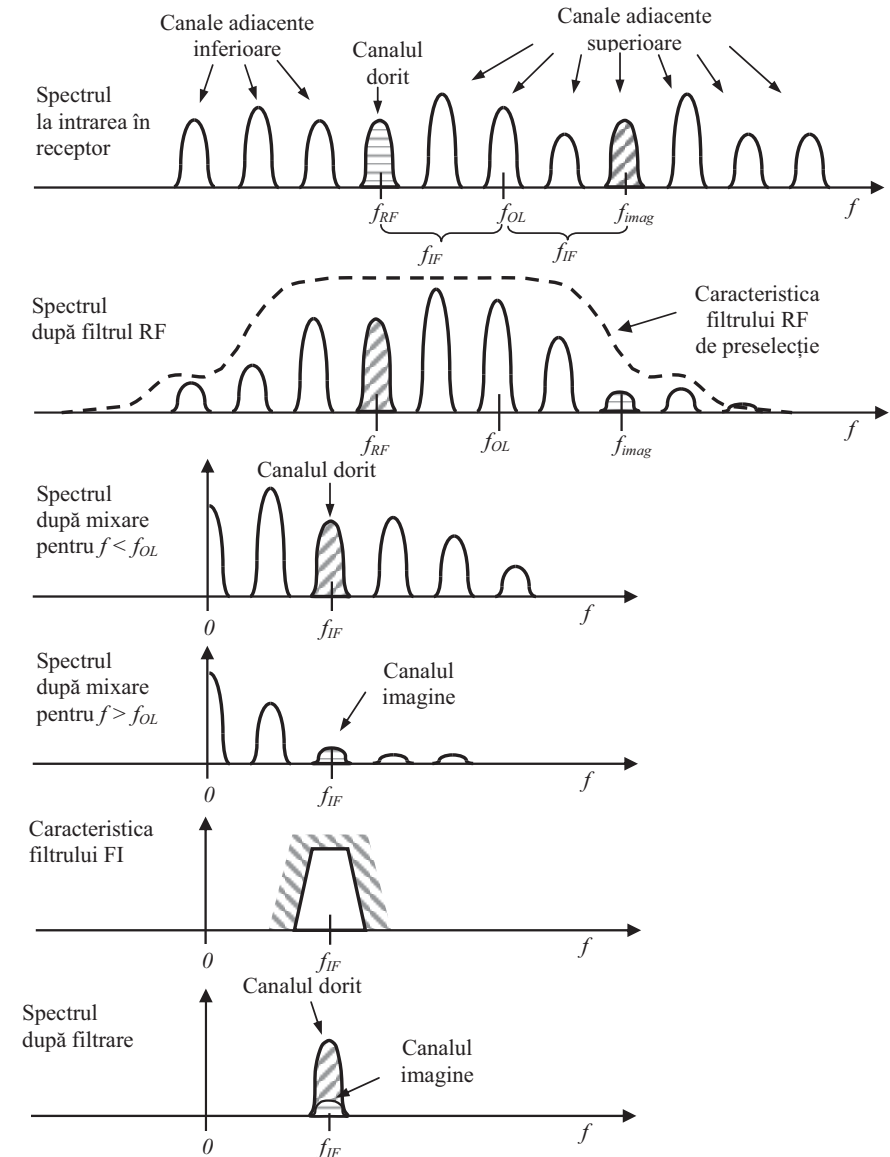


Fig.4.11. Diverse poziții ale frecvenței imagine relativ la banda filtrului RF: caz favorabil (a), caz limită (b) și caz defavorabil (c).

În figura 4.12 se prezintă un exemplu de semnale care apar la ieșirile blocurilor receptorului, în care apare și influența frecvenței imagine.

Dacă filtrul RF de preselecție nu atenuază suficient frecvența imagine, după mixare și filtrare, la ieșirea filtrului FI apare pe lângă spectrul semnalului util și un spectru rezidual perturbator.

Avantajul major al receptorului superheterodină constă în faptul că, după selecția canalului dorit și atenuarea corespunzătoare a canalelor vecine, acesta permite utilizarea unui amplificator FI cu câștig variabil pentru a ajusta amplitudinea semnalului util ("dynamic range").



8. Receptoare radio. Principiul heterodinării (schema bloc).

Ce este frecvența imagine și cum poate fi eliminată influența acesteia?

(Bibliografie 1 – pag.201-211, Biblografie 2 – paginile 6-12)

5/8

Pentru o anumită bandă de recepție, care determină și o bandă de acord a oscilatorului local, în locul unei singure frecvențe imagine apare o bandă a frecvențelor imagine, așa cum se prezintă în figura 4.13.

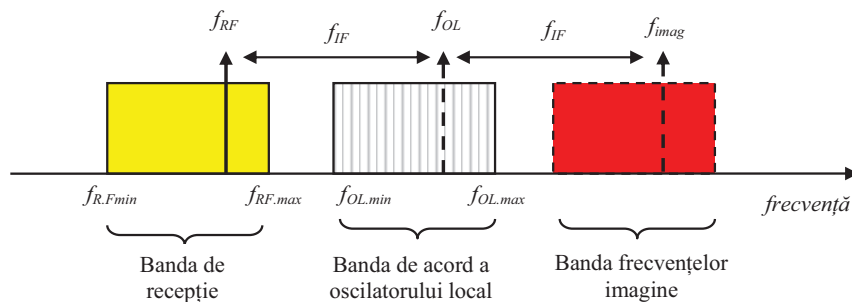


Fig.4.13. Banda frecvențelor imagine.

Exemple:

a) Radio AM:

- banda RF: $f_{RF} = 525 \text{ kHz} \dots 1605 \text{ kHz}$,
 - frecvența intermediară: $f_{IF} = 455 \text{ kHz}$,
 - domeniul frecvențelor OL: $f_{OL} = 980 \text{ kHz} \dots 2060 \text{ kHz}$.
- Rezultă situația din figura 4.14.

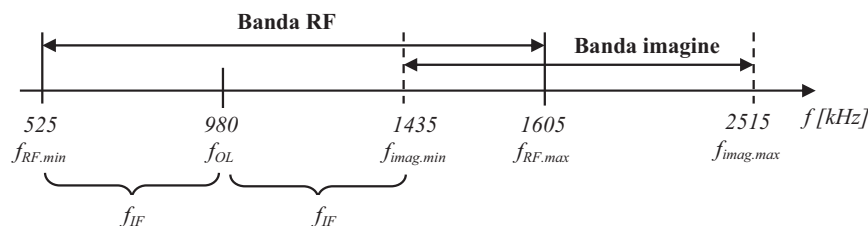


Fig.4.14. Banda frecvențelor imagine pentru gama radio AM.

b) Radio FM:

- banda RF: $f_{RF} = 88 \text{ MHz} \dots 108 \text{ MHz}$,
 - frecvența intermediară: $f_{IF} = 10,7 \text{ MHz}$,
 - domeniul frecvențelor OL: $98,7 \text{ MHz} \dots 118,7 \text{ MHz}$.
- Rezultă situația din figura 4.15.

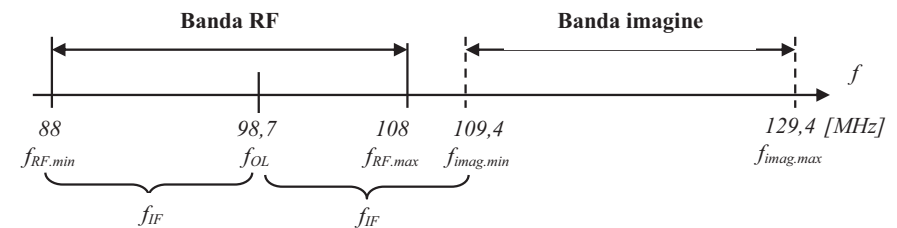


Fig.4.15. Banda frecvențelor imagine pentru gama radio FM.

Observație: Receptorul superheterodină permite realizarea unui compromis între sensibilitate și selectivitate.

Alegerea unei valori ridicate pentru frecvența intermediară (figura 4.16) îmbunătățește sensibilitatea, dar reduce selectivitatea.

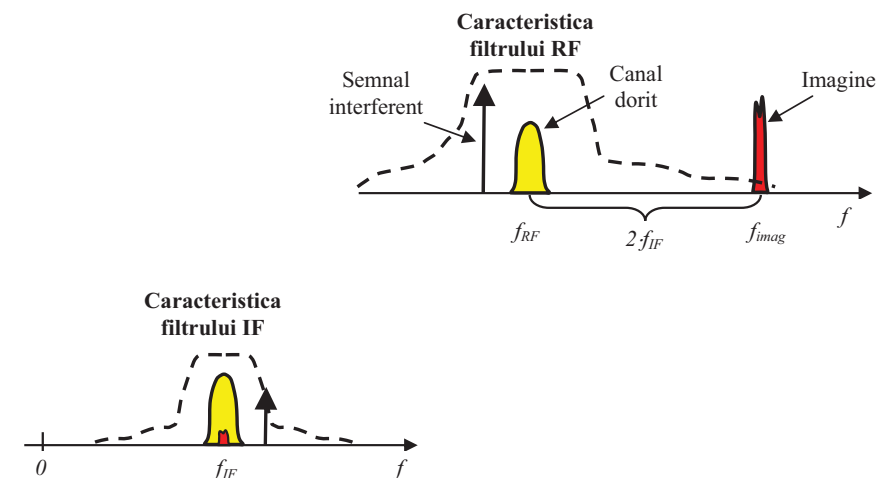


Fig.4.16. Cazul frecvență intermediară mare.

O frecvență intermediară mare îndepărtează frecvența imagine de frecvența canalului selectat. Pe de altă parte, în această situație, filtrul IF trebuie să aibă un factor de calitate Q de valoare foarte ridicată, ceea ce e mai greu de realizat la frecvențe mari. Efectul negativ al frecvenței intermediare mari este atenuarea mai

8. Receptoare radio. Principiul heterodinării (schema bloc).

Ce este frecvența imagine și cum poate fi eliminată influența acesteia?

(Bibliografie 1 – pag.201-211, Biblografie 2 – paginile 6-12)

6/8

redușă a canalelor adiacente canalului util. Această atenuare poate fi mai ușor obținută la o frecvență intermediară joasă (figura 4.17).

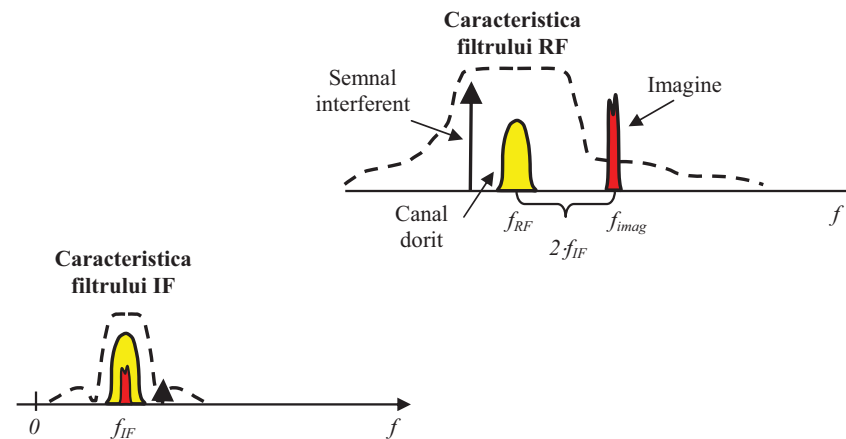


Fig.4.17. Cazul frecvență intermediară mică.

O frecvență intermediară mică apropie frecvența imagine de frecvența canalului selectat. Efectul negativ este o atenuare mai redusă a acesteia. În schimb, filtrul IF permite o rejecție mai bună a canalelor adiacente care pot interfera cu canalul selectat.

4.2.4. TEHNICA DUBLEI HETERODINĂRI

Schema bloc a unui receptor cu **dublă schimbare de frecvență** (cu două frecvențe intermediare) este prezentată în figura 4.18.

Schema folosește două frecvențe intermediare diferite:

- în primul AFI:

$$f_{IF.1} = f_{OL.1} - f_{RF}, \quad (4.4)$$

- în al doilea AFI:

$$f_{IF.2} = f_{OL.2} - f_{IF.1}, \quad (4.5)$$

Între cele două frecvențe există relația $f_{IF.1} > f_{IF.2}$. Prima frecvență intermediară se alege de valoare foarte mare, ceea ce permite utilizarea unui modul RF de bandă largă. A doua frecvență intermediară de valoare mică poate fi o valoare standard, de exemplu 10.7 MHz. ceea ce reduce costul implementării.

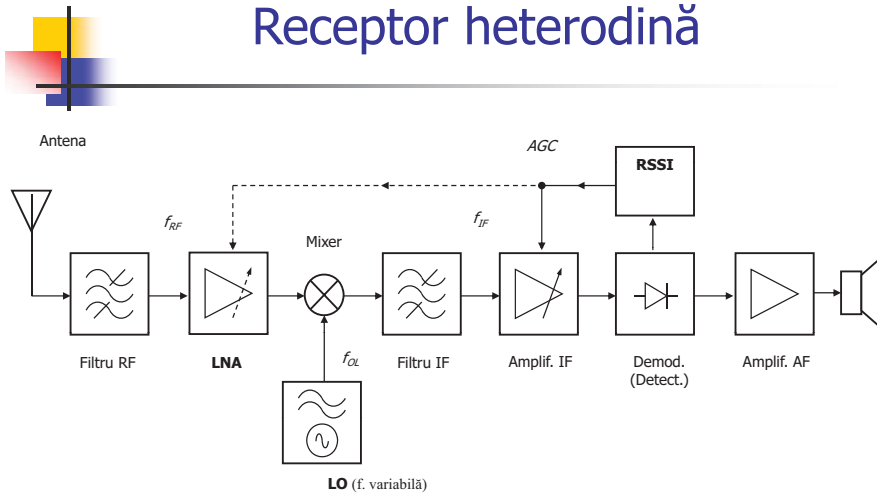
8. Receptoare radio. Principiul heterodinării (schema bloc).

Ce este frecvența imagine și cum poate fi eliminată influența acesteia?

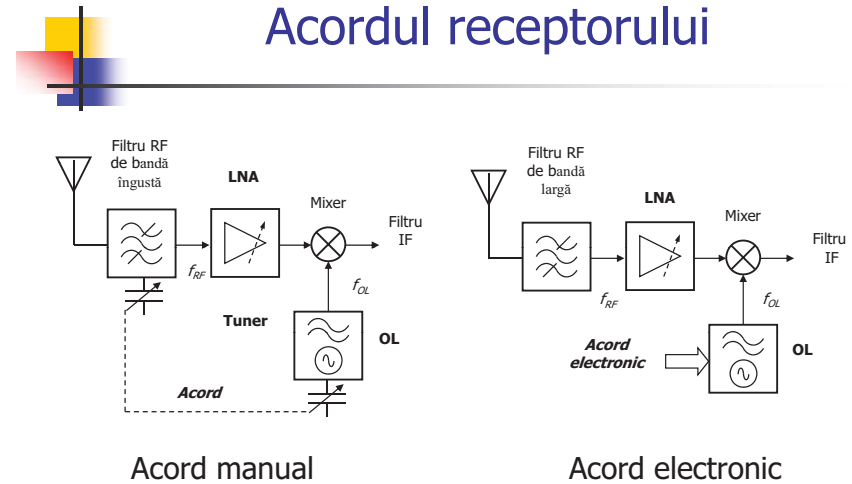
(Bibliografie 1 – pag.201-211, Biblografie 2 – paginile 6-12)

7/8

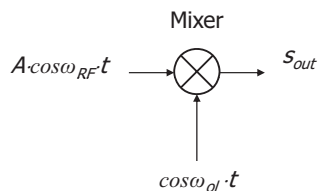
Receptor heterodină



Acordul receptorului



Mixarea semnalelor



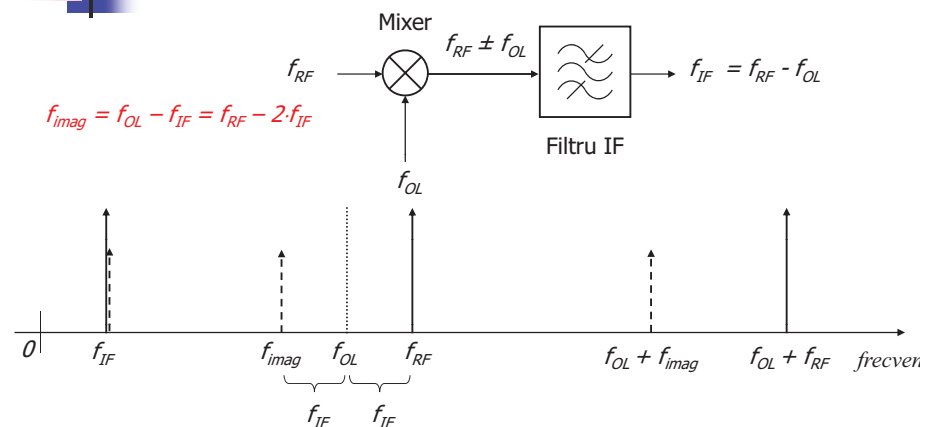
$$s_{out} = A \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t) \cdot \cos(\omega_{OL} \cdot t) = \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega_{RF} - \omega_{OL}) \cdot t + \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega_{RF} + \omega_{OL}) \cdot t;$$

$$f_{RF} > f_{OL}$$

$$s_{out} = A \cdot \cos(\omega_{OL} \cdot t) \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t) = \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega_{OL} - \omega_{RF}) \cdot t + \frac{A}{2} \cdot \cos(\omega_{OL} + \omega_{RF}) \cdot t.$$

$$f_{RF} < f_{OL}$$

Frecvența imagine



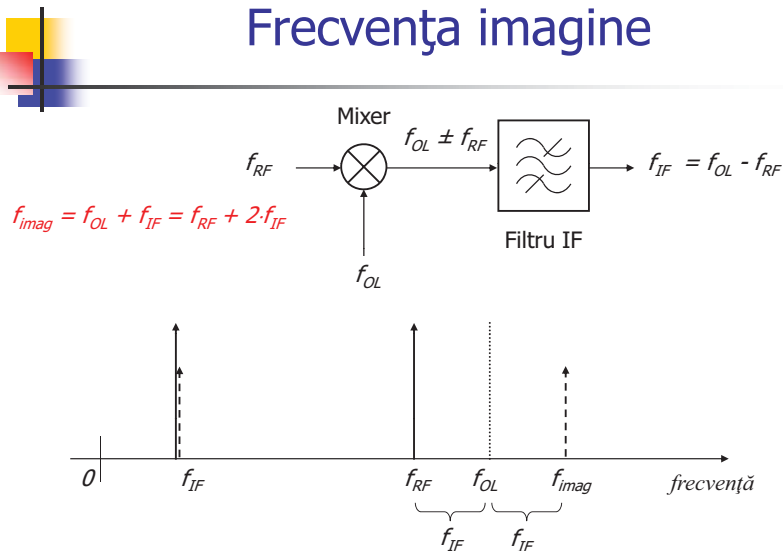
8. Receptoare radio. Principiul heterodinării (schema bloc).

Ce este frecvența imagine și cum poate fi eliminată influența acesteia?

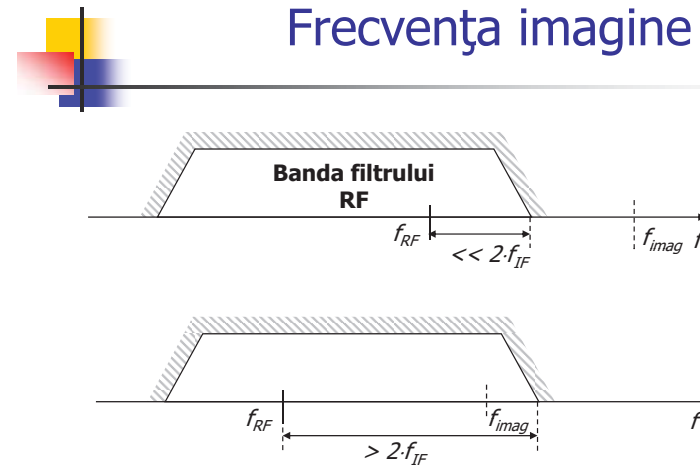
(Bibliografie 1 – pag.201-211, Bibliografie 2 – paginile 6-12)

8/8

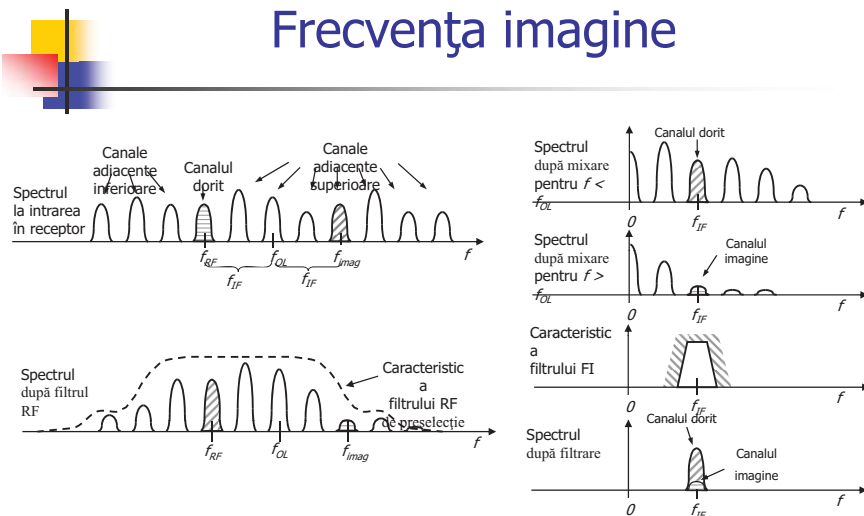
Frecvența imagine



Frecvența imagine



Frecvența imagine



9. Ce reprezinta sensibilitatea unui receptor si care este legatura dintre aceasta si zgomotul de intrare? (Bibliografie 1 – pag.231-235)

1/3

Semnalul de la ieșire depinde de cel de la intrare și de câștigurile diferitelor etaje înseriate prin relația:

$$S_{out} = S_{in} \times G_{total} = S_{in} \times G_1 \times G_2 \times G_3. \quad (4.30)$$

Factorul de zgomot total al ansamblului este:

$$F = \frac{N_{out}}{G_{total} \cdot N_{in}} = \frac{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdot N_{in} + G_2 \cdot G_3 \cdot N_{ad1} + G_3 \cdot N_{ad2} + N_{ad3}}{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdot N_{in}}$$

$$= 1 + \frac{N_{ad1}}{G_1 \cdot N_{in}} + \frac{N_{ad2}}{G_1 \cdot G_2 \cdot N_{in}} + \frac{N_{ad3}}{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdot N_{in}},$$

sau:

$$F_{Total} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2}. \quad (4.31)$$

Observație: pentru un bloc funcțional fără dispozitive active – fără zgomot, (de exemplu un filtru RF), care introduce o anumită atenuare sau pierdere de semnal L (“loss”), factorul de zgomot este egal cu valoarea acestei pierderi:

$$F = \frac{N_{out}}{L \cdot N_{in}} = \frac{1}{L}, \quad (4.32)$$

sau:

$$NF [dB] = -L [dB]. \quad (4.33)$$

4.4.3. SENSIBILITATEA

Sensibilitatea unui receptor este definită prin nivelul minim al puterii semnalului de la intrare pe care receptorul îl poate detecta pentru a putea asigura la ieșire (pentru demodulare) un raport semnal / zgomot impus.

Sensibilitatea este un parametru care depinde în mod esențial de nivelul de zgomot de la intrarea în receptor și de cerințele minimale privind raportul semnal / zgomot de la ieșire.

Pentru o detecție corectă, la limita de sensibilitate, nivelul semnalului de intrare are valoarea minimă:

$$S_{in} = P_{in}^{min}, \quad (4.34)$$

în condiția în care zgomotul termic de intrare este:

$$N_{in} = P_{zg} = k \cdot T \cdot B, \quad (4.35)$$

unde: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} [J/K]$ este constanta lui Boltzmann, T este temperatura în grade Kelvin $[K]$, B banda radioreceptorului.

Valoarea minimă a raportului semnal / zgomot de la ieșire care mai asigură o anumită rată a erorilor de bit (BER) este SNR_{out}^{min} sau $(E_b/N_0)_{min}$.

În aceste condiții, factorul de zgomot devine:

$$F = \frac{P_{in}^{min} / P_{zg}}{SNR_{out}^{min}}, \quad (4.36)$$

de unde rezultă relația între nivelul minim al semnalului de la intrare și zgomot:

$$P_{in}^{min} = P_{zg} \cdot F \cdot SNR_{out}^{min} \quad (4.37)$$

Prin împărțire cu 1 mW și logaritizarea expresiei se obține nivelul de intrare minim exprimat în $[dBm]$ sau **sensibilitatea receptorului**:

$$S_{min} [dBm] = P_{in}^{min} [dBm] = P_{zg} [dBm] + NF [dB] + SNR_{out}^{min} [dB]. \quad (4.38)$$

Observație: deoarece $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ și la temperatura camerei $T_0 = 290^\circ\text{K}$, rezultă că:

$$P_{zg} [dBm] = 10 \cdot \lg \left[k \cdot T_{0[(1\text{Hz})]} \left(\frac{B}{1\text{Hz}} \right) \right] = 10 \cdot \lg(k \cdot T_0) + 10 \cdot \lg B, \quad (4.39)$$

unde: $k \cdot T_0 = 4 \cdot 10^{-21} \text{ W}$ este puterea zgomotului într-o bandă de 1Hz și care în dBm are valoarea $10 \cdot \lg(k \cdot T_0) = -174 \text{ dBm}$.

Prin urmare, zgomotul de la intrare are expresia:

$$P_{zg} [dBm] = -174 \text{ dBm} + 10 \cdot \lg(B). \quad (4.40)$$

În aceste condiții, sensibilitatea receptorului se mai poate scrie sub forma:

$$S_{min} [dBm] = -174 [dBm] + 10 \lg B + NF [dB] + SNR_{out}^{min} [dB]. \quad (4.41)$$

Sensibilitatea receptorului este legată de **nivelul de prag al zgomotului de la intrare**. Acesta se notează cu P_{nf} (unde nf = “noise floor”) și reprezintă nivelul de la

9. Ce reprezinta sensibilitatea unui receptor si care este legatura dintre aceasta si zgomotul de intrare? (Bibliografie 1 – pag.231-235)

2/3

intrare al semnalului minim detectabil, MDS (“minimum detectable signal”). El se definește prin relația (figura 4.35):

$$P_{nf} [dBm] = S_{min} [dBm] - SNR_{out}^{min} = P_{zg} [dBm] + NF [dB]. \quad (4.42)$$

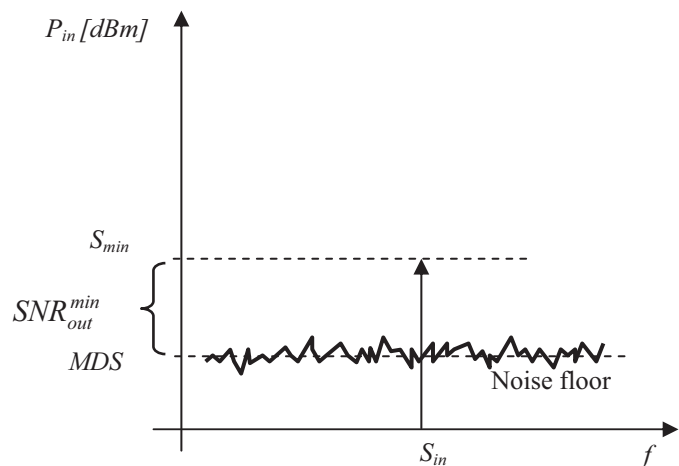


Fig.4.35. Definirea P_{nf} și MDS_{in} .

Prin urmare, P_{nf} este egal cu sensibilitatea receptorului pentru cazul în care $SNR_{out}^{min} = 0dB$. Nivelul de prag al zgomotului se calculează în aceste condiții cu relația:

$$P_{nf} [dBm] = MDS_{in} [dBm] = -174 dBm + 10 \lg B + NF [dB]. \quad (4.43)$$

Nivelul zgomotului la ieșire este:

$$MDS_{out} = MDS_{in} \times G, \quad (4.44)$$

iar valoarea în dBm se obține prin adăugarea câștigului (figura 4.36):

$$\begin{aligned} MDS_{out} [dBm] &= MDS_{in} [dBm] + G [dB] = \\ &= -174 dBm + 10 \lg B + NF [dB] + G [dB] \end{aligned} \quad (4.45)$$

În concluzie, **sensibilitatea receptorului** se poate defini și prin suma dintre nivelul de prag al zgomotului de la intrare și raportul semnal / zgomot minim de la ieșire:

$$S_{min} [dBm] = P_{nf} [dBm] + SNR_{out}^{min} [dB], \quad (4.46.a)$$

sau:

$$S_{min} [dBm] = P_{nf} [dBm] + \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{min} [dB]. \quad (4.46.b)$$

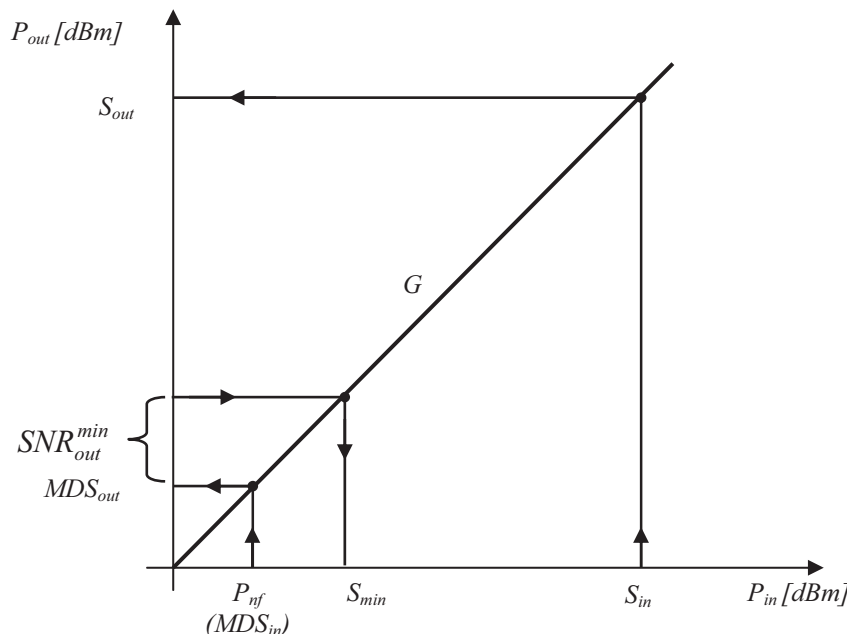


Fig.4.36. Definirea MDS_{out} .

O altă formă de prezentare pentru aceeași relație este următoarea:

$$S_{min} [dBm] = MDS_{in} [dBm] + C/N [dB], \quad (4.47)$$

unde C/N reprezintă raportul semnal/zgomot (“carrier-to-noise ratio”) necesar pentru o anumită calitate a semnalului recepționat.

Exemplu numeric: se consideră un receptor al cărui bloc RF constă dintr-un filtru de RF, ce introduce o atenuare de 3 dB, urmat de un comutator cu o pierdere de 1 dB, un amplificator de zgomot redus, LNA, cu un câștig de 13 dB și un mixer (figura 4.37). Banda sistemului este de 200 kHz, iar pentru a se asigura o valoare a BER de 10^{-3} este necesar ca SNR_{out}^{min} să fie de 7 dB. Se ignoră zgomotul introdus de AFI.

9. Ce reprezinta sensibilitatea unui receptor si care este legatura dintre aceasta si zgomotul de intrare? (Bibliografie 1 – pag.231-235)

3/3

Se cere să se determine: a) factorul de zgomot al receptorului; b) sensibilitatea receptorului.

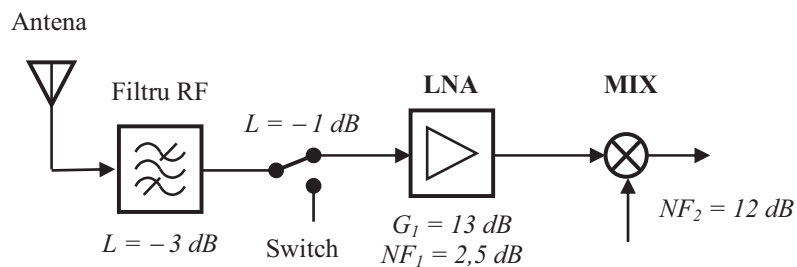


Fig.4.37. Schema bloc pentru exemplul numeric.

Rezolvare.

a) Pentru a determina factorul de zgomot trebuie aplicată formula:

$$NF[dB] = -L[dB] + 10 \cdot \lg \left(F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} \right):$$

- din $NF_1 = 10 \cdot \lg F_1 = 2,5 dB$ rezultă că $F_1 = 10^{0,25} = 1,78$;

- din $G_1[dB] = 10 \cdot \lg G_1 = 13 dB$ rezultă că $G_1 = 10^{1,3} = 20$;

- din $NF_2 = 10 \cdot \lg F_2 = 12 dB$ rezultă că $F_2 = 10^{1,2} = 15,85$.

Rezultă că:

$$\begin{aligned} NF[dB] &= 3dB + 1dB + 10 \lg \left(1,78 + \frac{15,85 - 1}{20} \right), \\ &= 4dB + 10 \lg 2,52 = 4dB + 10 \times 0,4 = 8dB. \end{aligned}$$

b) Se calculează nivelul de prag al zgomotului:

$$\begin{aligned} P_{nf}[dBm] &= 10 \lg kT_0 + 10 \lg B + NF[dB] = -174 dBm + 10 \lg (2 \cdot 10^5) + 8dB \\ &= -174 dBm + 53 dB + 8 dB = -113 dBm, \end{aligned}$$

În final rezultă sensibilitatea receptorului:

$$S_{min}[dBm] = P_{nf}[dBm] + SNR_{out}^{min} = -113 dBm + 7 dB = -106 dBm.$$

4.4.4. SELECTIVITATEA

Selectivitatea unui receptor reprezintă abilitatea acestuia de a extrage în mod satisfăcător semnalul dorit, în prezența unor semnale interferente puternice. Ea poate fi definită prin abilitatea de a rejecta semnalele nedorite cu frecvențe apropiate canalului util. În majoritatea arhitecturilor de receptoare, această funcție este realizată de filtrul

10. Definiti domeniul dinamic de blocare al unui receptor si specificati ce reprezinta acesta din punctul de vedere al semnalului util. (Bibliografie 1 – pag.242-243)

$$\left(a_1 \cdot A_1 + \frac{3}{2} \cdot a_3 \cdot A_1 \cdot A_2^2 + \frac{3}{4} \cdot a_3 \cdot A_1^3 \right) \cdot \cos(\omega_1 \cdot t).$$

Dacă se ține seama că $A_1 < A_2$ și că A_1^3 este neglijabil față de A_1 , componenta utilă devine:

$$\begin{aligned} \left(a_1 \cdot A_1 + \frac{3}{2} \cdot a_3 \cdot A_1 \cdot A_2^2 \right) \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) = \\ = \left(a_1 + \frac{3}{2} \cdot a_3 \cdot A_2^2 \right) \cdot A_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t). \end{aligned}$$

Câștigul receptorului în prezența unui semnal interferent puternic devine :

$$G = \left(a_1 + \frac{3}{2} \cdot a_3 \cdot A_2^2 \right). \quad (4.58)$$

Cum, în cazul tipic, coeficientul $a_3 < 0$, câștigul pentru semnalul util este o funcție care scade odată cu creșterea amplitudinii A_2 a semnalului interferent. În mod corespunzător are loc reducerea sensibilității receptorului. Dacă G este redus până la punctul în care semnalul util nu mai este recepționat, se spune că semnalul util a fost blocat.

O valoare interesantă este amplitudinea semnalului interferent care produce o reducere de 3 dB a câștigului pentru semnalul util, sau o compresie de 3 dB a acestuia.

Din relația:

$$20 \cdot \lg \left(a_1 + \frac{3}{2} \cdot a_3 \cdot A_2^2 \right) = 20 \cdot \lg a_1 - 3 \text{ dB} \quad (4.59)$$

rezultă că:

$$A_{-3\text{dB}} = 0,441 \cdot \sqrt{\left| \frac{a_1}{a_3} \right|}. \quad (4.60)$$

Domeniul dinamic de blocare al receptorului, *BDR* ("blocking dynamic range"), este definit ca un interval permis pentru nivelul semnalului interferent de la intrare, care este cuprins între punctul de compresie 1-dB și sensibilitatea receptorului (figura 4.43):

$$BDR [\text{dB}] = CP_{1\text{dB in}} - S_{\min}.$$

Astfel, dacă nivelul de intrare al semnalului interferent este egal cu $CP_{1\text{dB in}}$, atunci câștigul pentru semnalul util este redus cu 1 dB.

Pe de altă parte, pentru semnalul util, *BDR* reprezintă domeniul permis care asigură o recepție sigură și lipsită de distorsiuni armonice.

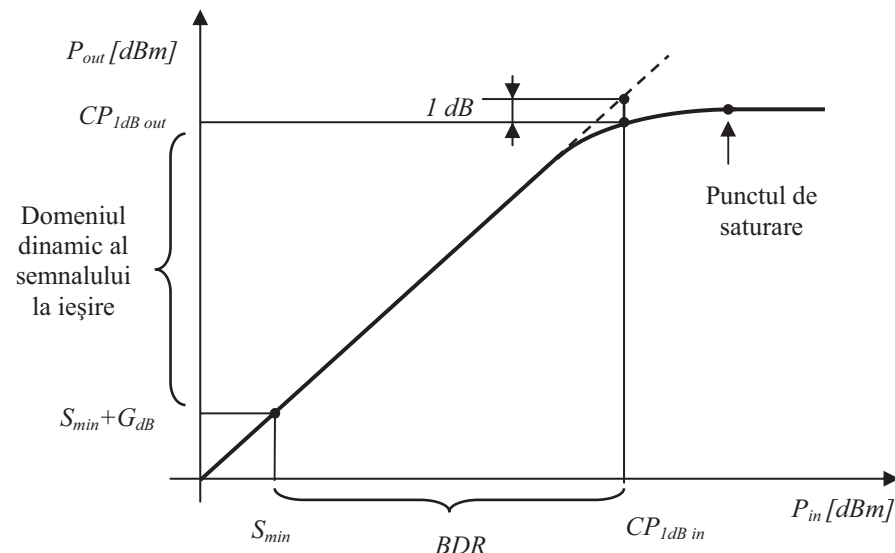


Fig.4.43. Definierea *BDR*.

Exemplu numeric: se consideră blocul RF al unui receptor având un câștig $G = 9 \text{ dB}$ și sensibilitatea $S_{\min} [\text{dBm}] = -106 \text{ dBm}$. La intrare se aplică un ton RF de nivel mic în banda de trecere. Crescând progresiv nivelul de la intrare, la ieșire se constată că pentru un nivel de -10 dBm , câștigul s-a redus cu 1 dB.

Se cere să se determine domeniul dinamic de blocare al receptorului, *BDR*.

Rezolvare.

Din relația de legătură:

$$CP_{1\text{dB out}} = CP_{1\text{dB in}} + \text{Gain} - 1 \text{ dB},$$

se determină pentru început punctul de compresie 1-dB de la intrare:

$$CP_{1\text{dB in}} = CP_{1\text{dB out}} - \text{Gain} + 1 \text{ dB} = -10 \text{ dBm} - 9 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = -18 \text{ dBm}.$$

Apoi se determină *BDR* cu relația:

$$BDR [\text{dB}] = CP_{1\text{dB in}} - S_{\min} = -18 \text{ dBm} - (-106 \text{ dBm}) = 88 \text{ dB}.$$

4.4.8. MODULAȚIA ÎNCRUCIȘATĂ

Se consideră din nou cazul în care un semnal util, considerat armonic și având expresia $A_1 \cos(\omega_1 t)$, este recepționat în prezența unui semnal interferent de nivel

COMUNICAȚII DE DATE
ANUL 3, SEMESTRUL 5

1-Cum afecteaza canalele reale datele transmise?

Cap1: Canale, § Atenuare, intarziere, diafonie, zgomote

1/4

D. Hallings
p.63

-1-

CANALE

Canalele reale impun o serie de limitări pentru transmiterea de date. Astfel calitatea semnalelor analogice se degradează, iar la semnalele numerice erorile pot fi foarte mari, conducând la transmiterea lui 1 în 0 și invers. Canalele reale afectează capacitatea de transmitere a unei legături.

Cauzele principale ale limitărilor sunt:

- atenuarea și distorsiunea de atenuare
- distorsiunea de întârziere
- zgomotele

Atenuarea se manifestă prin scăderea puterii semnalului odată cu distanța parcursă de semnal prin mediul de transmitere.

- pentru medii/transmisiuni ghidate, atenuarea este în general logaritmică și se exprimă de obicei ca un număr constant [dB/km]
- pentru medii/transmisiuni neregulate, atenuarea este o funcție mai complexă, depinzând de distanță și condițiile atmosferice.

Atenuarea impune trei condiții care trebuie respectate în ingineria transmisiunilor:

- 1) semnalul recepționat trebuie să aibă o putere suficientă ca să poată fi recepționat și interpretat de circuitele electronice ale receptorului;
- 2) - nivelul semnalului trebuie să fie suficient de mare față de nivelul zgomotului, pentru ca semnalul să poată fi recepționat fără erori;
- 3) - atenuarea este o funcție care depinde de frecvență (fading).

Prin urmare două probleme se rezolvă prin transmiterea semnalului cu o putere suficientă, precum și prin utilizarea amplificatoarelor sau repetitoarelor. Pentru o legătură punct-la-punct, puterea semnalului la transmițător

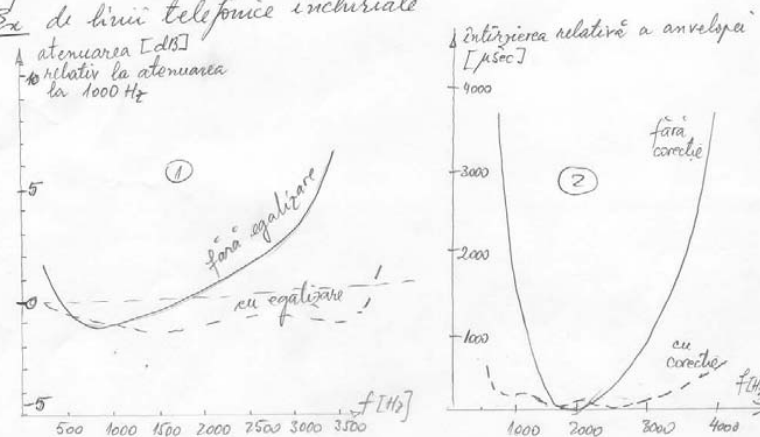
②

-2-

trebuie să fie suficient de mare încât să permită o recepție inteligibilă, respectiv suficient de mică încât să se evite saturarea/supraîncălzirea amplificatoarelor de la emisie (saturare care ar duce la distorsionarea semnalului general). Pentru o anumită distanță, atenuarea devine atât de mare încât este absolut necesară folosirea repetitoarelor/amplificatoarelor pentru creșterea puterii semnalului, din timp în timp. Pentru liniile multipunct problemele sunt mai complexe, deoarece distanța între transmițător și receptor este variabilă.

A treia problemă, atenuarea ca funcție de frecvență, este importantă în special pentru semnalele analogice. Soluția constă în folosirea unor egalizatoare pentru benzile de frecvență date (ca de exemplu, pentru liniile telefonice se folosesc bobine care schimbă proprietățile electrice ale liniei, eliminând astfel efectul atenuării). Altă soluție este folosirea unor amplificatoare care amplifică mai mult frecvențele înalte decât cele joase.

Ex de linii telefonice închiriate



În fig 1 este prezentată atenuarea ca funcție de frecvență pentru linii închiriate tipice, atenuarea fiind măsurată relativ la atenuarea de la 1000 Hz. Astfel valorile pozitive de pe ordonată indică a-

1-Cum afecteaza canalele reale datele transmise?

Cap1: Canale, § Atenuare, intarziere, diafonie, zgomote

2/4

③

tenuări mai mari decât cea de la 1000 Hz. La intrare se aplică o putere de 1000 Hz și o putere de la 1000 Hz, iar la ieșire se măsoară puterea P_{1000} . Procedura se repetă pentru diferite frecvențe, f , și atenuarea relativă în decibeli este

$$N_f = -10 \log_{10} \frac{P_f}{P_{1000}}$$

În fig 1, cu linii continue e reprezentată atenuarea fără egalizare și se poate constata că frecvențele de la marginea superioară a benzii sunt mult mai puternice decât cele de la marginea inferioară. Acest lucru duce la distorsionarea semnalului vocal recepționat. Cu linii întrerupte este reprezentat efectul egalizării: aplatizarea curbei înălțărilor este calitatea semnalului vocal. În plus se permite creșterea debitului datelor numerice care trec prin canalul.

Pentru semnalele numerice distorsionarea de atenuare e mai puțin importantă, deoarece acestea au majoritatea energiei semnalului concentrată în jurul unei frecvențe fundamentale (egală cu rata de bit).

Distorsionarea de întârziere

Este un fenomen specific mediilor de transmisie ghidate, fiind cauzat de faptul că viteza de propagare a semnalului printr-un mediu ghidat depinde de frecvență. Pentru semnalele de bandă limitată viteza maximă e la frecvența centrală și scade la limitele benzii. Componentele de frecvență diferite ale semnalului vor ajunge la receptor la momente diferite de timp.

Acest efect se numește distorsionare de întârziere, deoarece semnalul recepționat e distorsionat din cauza întârzierilor diferite care afectează diferitele componente ale sale. Distorsionarea de întârziere e importantă pentru semnalele numerice. Din cauza distorsionării de întârziere, unele componente de semnal ale unui bit se vor deplasa pe pozițiile altor biti cauzând o interferență între simboluri (ISI = Inter Symbol Interference).

④

Pentru reducerea distorsionării de întârziere se folosesc tehnici de egalizare a canalului. În fig 2 e prezentat efectul egalizării, pentru linii telefonice (întârzierea în funcție de frecvență).

Zgomotul

La transmiterea unui semnal, acesta va fi afectat, pe lângă distorsionările introduse de sistemul de transmisie, și de zgomote. Zgomotele reduc nivelilor performanțelor sistemelor de comunicații. Zgomotele pot fi clasificate în patru categorii:

- zgomotul termic
- zgomotul de intermodulație
- diafonia
- zgomotul în impulsuri

Zgomotul termic se datorează agitației termice a electronilor în conducătoare. Este prezent în toate mediile de transmisie și dispozitivele electronice, fiind o funcție de temperatură. Zgomotul termic are spectrul uniform distribuit în banda de frecvențe și de aceea e deseori denumit zgomot alb. El nu poate fi eliminat și deci limitează performanțele sistemelor de comunicație.

Pentru o bandă de 1 Hz, zgomotul termic este, pentru orice dispozitiv sau conductor:

$$N_0 = kT$$

$$N_0 = \text{densitatea de putere a zgomotului [watt/Hz]}$$

$$k = \text{constanta lui Boltzmann} = 1,3803 \cdot 10^{-23} \text{ [J/}^\circ\text{K]}$$

$$T = \text{temperatura [}^\circ\text{K]}$$

dB (dBV) - nivel de tensiune față de 0,775 V

dBm - nivel de putere față de 1 mW

dBc - nivel relativ de putere raportat la un punct de 0 dBc

dBm0 - nivel de putere față de 1 mW dat pentru punctul de referință ca 0 dBc

1-Cum afecteaza canalele reale datele transmise?

Cap1: Canale, § Atenuare, intarziere, diafonie, zgomote

3/4

⑤

-5-

Se presupune că zgomotul e independent de frecvență, deci pentru o bandă de frecvențe cu lățimea W [Hz] poate fi exprimat ca:

$$N = kTW \quad [W]$$

sau în decibeli-watt

$$N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log W$$

$$= -228,6 \text{ dBW} + 10 \log T + 10 \log W$$

Zgomotul de intermodulație

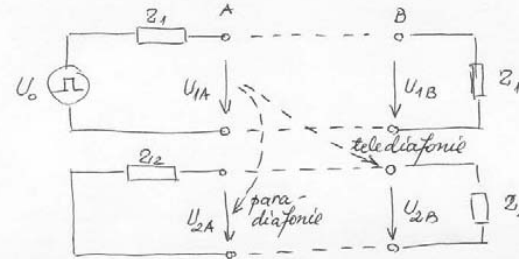
Apare atunci când există neliniarități la emițător sau receptor. De obicei acestea sunt liniare și semnalul de ieșire e dat de semnalul de intrare înmulțit cu o constantă. În sistemele neliniare, ieșirea e o funcție mai complexă față de intrare. Neliniaritățile sunt cauzate fie de o funcționare încorectă a unor componente fie de folosirea unor semnale cu putere prea mare. Efectul zgomotului de intermodulație este apariția unor semnale cu frecvențe care reprezintă suma sau diferența (sau multiplul lor) frecvențelor originale. De exemplu, prin mixarea unor semnale de frecvență f_1 și f_2 apare un semnal de frecvență $f_1 + f_2$, care poate interfera cu semnalele utile.

Diafonia

Se manifestă în sistemele telefonice atunci când un utilizator poate auzi, pe lângă conversația sa, o a doua conversație și e cauzată în principal de cuplajul care apare între perechile de fire. Poate apărea și atunci când o antenă pentru microunde captează semnale nedorite; din sunt direcționale, energia microundelor se poate "împrăstia" în timpul propagării. Diafonia este mai mică sau de același ordin de mărime cu zgomotul termic.

⑥

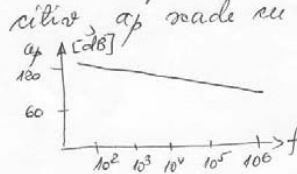
-6-



$$\alpha_p = 20 \log \left| \frac{U_{1A}}{U_{2A}} \right| + 10 \log \left| \frac{Z_1}{Z_2} \right|$$

$$\alpha_T = 20 \log \left| \frac{U_{1A}}{U_{2B}} \right| + 10 \log \left| \frac{Z_1}{Z_2} \right|$$

Datorită cuplajelor capacitive și inductive semnalul patrunde și în circuitele vecine. Deoarece $\alpha_p \ll \alpha_T$, de interes practic este α_p . Din cauza caracterului predominant capacitiv α_p scade cu creșterea frecvenței.



α_p are importanță la transmiterea de date în banda de bază, în regim duplex, pe perechi de fire din același cablu.

Zgomotul în impulsuri

Zgomotul termic, intermodulația și diafonia sunt relații predictibile și mărimea lor la fel, deci se poate tine cont de ele în proiectarea sistemelor de telecomunicații. Zgomotul în impulsuri este discontinuu și se manifestă ca virșuri de zgomot de durată redusă și amplitudine mare. Are caracter aleator și provine din surse diferite. Influența lor asupra transmiterii de date depinde de raportul semnal-zgomot. Acest raport nu poate fi îmbunătățit prin creșterea puterii semnalului deoarece ar crește diafonia și amplificatoarele ar ajunge în zone neliniare. Nivelul standard la emițător

1-Cum afecteaza canalele reale datele transmise?

Cap1: Canale, § Atenuare, intarziere, diafonie, zgomote

4/4

7

este (6 și -13) dBm la frecvența centrală (CCITT)

Zgomotul poate fi

- de fluctuații
- sinusoidal
- în impulsuri

- Zgomotul de fluctuații se datorează stativilor radio, rețelelor de energie electrică etc și are spectrul uniform distribuit în banda frecvențelor utile, $\frac{S}{N} \leq 30$ dBm, insuficient pentru T.D.

- Zgomotul sinusoidal se datorează a) rețelelor și echipamentelor de electroalimentare $f = 50$ Hz și armonicele sale, $U = 100$ mV b) apelurilor în frecvență (10, 12, 16 KHz)

$U = 7$ mV

- Zgomotul de impulsuri apare a) prin diafonie din circuitele vecine în care se transmit impulsuri de nivel mare (severnalizări, apeluri, impulsuri TC) b) datorită comutatoarelor din CTA (centrale telef. auto).

Avizul V.55 recomandă reducerea unei căi timp de 15 minute și micșorarea impulsurilor care depășesc un anumit prag (max. 18 imp. ce depășesc -15 dBm)

Derivația de frecvență a spectrului semnalului receptional față de cel emis e datorată abaterii frecvenței purtătorului de la recepție față de purtătorul de la emisie și apare la TD cu BCU. Se admite o abatere de ± 5 Hz pentru TD, condiție indispensabilă de majoritatea sistemelor de TD (transmisii de date)

Filtrul de fază constă în variația lentă a fazei semnalelor datorită pătrunderii armoniceilor tensiunii de alimentare în circuitul de transmitere și instabilității generatoarelor de purtătoare care utilizează circuite PLL (Phase Lock Loop), cu calare pe fază. Variația fazei este între $7^\circ - 20^\circ$. CCITT admite un filtru de fază de 10° pentru frecvențe cuprinse între 20-300 KHz.

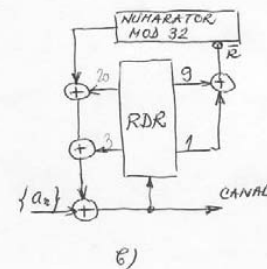
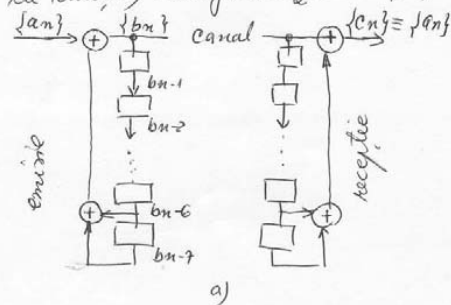
8

Ecoul apare la trecerea de la 2 fire la 1 fire, din cauza sistemelor diferențiale încorect echilibrate. Poate fi ecou la ascultător și la vorbitor. Se montează, pe rețeaua telefonică, supresoare de ecou, care introduc $\alpha \geq 19$ dB, ceea ce reduce efectul ecoului și pentru TD (transmisii de date).

Interruperile de durată apar din cauza comutării automate a alimentării sau echipamentelor de rezervă. Sunt de ordinul milisecondelor și duc la pierderea unor biți, care pot fi recuperați prin metodele de protecție la eroare. Interruperile scurte sunt definite ca scăderi de nivel cu cel puțin 6 dB pe intervale de timp 3-300 ms; se acceptă maximum 10 interruperi în 15 minute.

Scramblerul (cifrator, ombrouilleur / brasseur)

Spectrul semnalului de date depinde de severnța binară. Severnțele periodice determină apariția unor componente spectrale de amplitudine mare. Deci severnța de date trebuie alorizată. Scramblerul conține un RDR (registru de deplasare cu reacție) care generează severnțe pseudocasatoare.



a) Cele 2 scramblere nu trebuie sincronizate: după 7 baze vor conține aceeași informație. Dejavu: la severnțe lungi de zero-uri, recepționarul își pierde sincronizarea $\Rightarrow$ scrambler fig 6, unde dacă ieșirile 1 și 3 ale RDR rămân identice pe 32 de impulsuri, număratorului îi depășește capacitatea și introduce un 1

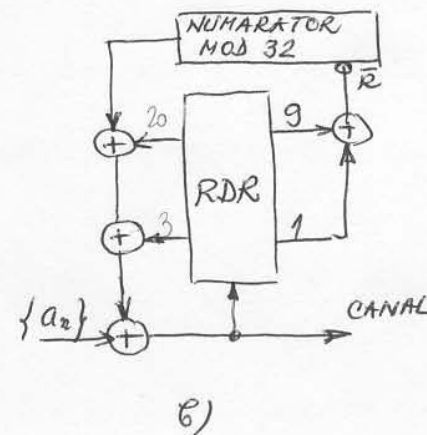
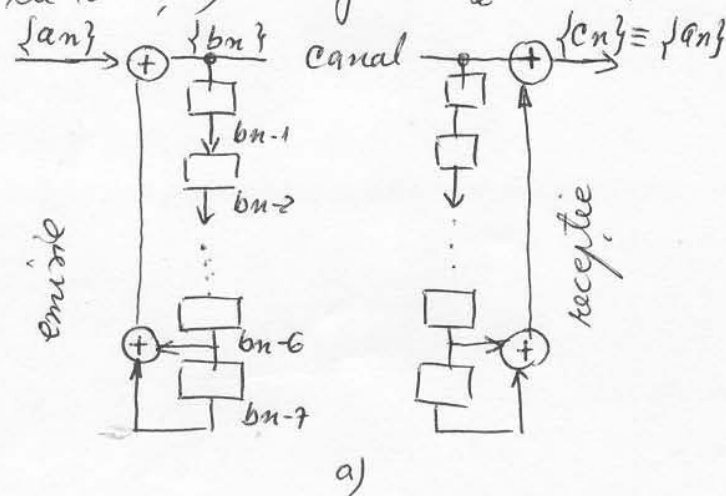
Obs : V35 $g(x) = x^{20} + x^{17} + 1$

2- La ce servește scramblerul ?

Cap1: Canale, § Scramblerul

Scramblerul (cifrator, embrouilleur / brasseur)

Spectrul semnalului de date depinde de secvența binară. Secvențele periodice determină apariția unor componente spectrale de amplitudine mare. Deci secvența de date trebuie aleatorizată. Scramblerul conține un RDR (registru de deplasare cu reacție) care generează secvențe pseudoaleatoare.



a) Cele 2 scramble-uri nu trebuie sincronizate: după 7 tacte vor conține aceeași informație. Dezav: la secvențe lungi de zero-uri, receptorul își pierde sincronizarea $\Rightarrow$ scrambler fig 6, unde dacă ieșirile 1 și 9 ale RDR rămân identice pe 32 de simboluri, număratorul îi depășește capacitatea și introduce un 1

Obs : V35 $g(x) = x^{20} + x^{17} + 1$

3- Care este viteza maxima cu care se pot transmite datele, in banda de baza, printr-un canal echivalent cu un filtru trece-jos ideal cu frecventa de taiere 32 kHz ?

Cap 2 : Transmisii de date in banda de baza § Teorema I a lui Nyquist

4.1. Transmisiuni fără interferență între simboluri

Eșantionând la momentul $t_0 + kT$, am dori ca simbolul recepționat să fie doar a_k . Din relația (4.12), separând termenul $r=k$, obținem

$$r_k = a_k g_0 + \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq k}}^N a_n g_{k-n} + z_k. \quad (4.13)$$

Termenul al doilea din membrul drept al relației (4.13) reprezintă perturbarea cauzată de celelalte simboluri asupra eșantionului prelevat din simbolul curent. Dacă distanța între nivelurile de decizie este $2d$ și transmisiunea este polară, poate apare o eroare la recepție, dacă

$$\frac{1}{g_0} \left| \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq k}}^N a_n g_{k-n} + z_k \right| > d. \quad (4.14)$$

Teorema lui Nyquist afirmă că într-un canal echivalent cu un filtru trece jos ideal, cu frecvența de tăiere F , este posibilă transmiterea semnalelor binare independente, cu o viteză de semnalizare mai mică decât $2F$ simboluri/secundă, fără interferență între simboluri.

4- La ce servește bucla Costas ?

Cap.3. Transmisii de date în sisteme cu modulație liniară & Sincronizarea de purtătoare

- 83 -

și anume reducerea amplitudinii semnalului și apariția unei componente în cuadratură cu acesta. Se impune deci funcționarea cu $\theta = 0$, respectiv sincronizarea purtătoarei de referință.

După modul în care se realizează sincronizarea purtătoarei vom distinge

- metode ce prelucrează semnalul recepționat
- metode ce utilizează unul sau mai multe semnale pilot special transmise.

Bucșa de sincronizare Costas, face parte din prima categorie de metode, fiind utilizată în sisteme de transmisii cu BLD sau cu modulație liniară de fază. Schema bloc a buclei Costas se prezintă în figura 5.4. Conform relației (5.2), semnalul recep-

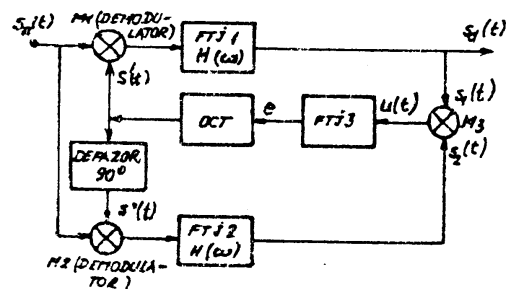


Fig. 5.4.

ționat este $x(t) \cdot \cos \omega_0 t$. Considerăm că semnalul de referință $s'(t)$ are inițial un mic defazaj θ față de purtătoarea semnalului recepționat. După înmulțirile efectuate de multiplicatoarele M1 și M2 între s_R și s' respectiv s_R și s'' (în cuadratură cu s') și filtrare, rezultă $s_1(t) = 0,5 \cdot s(t) \cdot \cos \theta$ și $s_2(t) = 0,5 \cdot x(t) \cdot \sin \theta$. La ieșirea multiplicatorului M3 apare

$$u(t) = \frac{1}{4} x^2(t) \cdot \sin 2\theta \approx \frac{\theta}{2} x^2(t).$$

Filtrul trece jos 3 mediază $u(t)$, rezultând semnalul eroare

$$e \approx \frac{\theta}{2} x^2,$$

unde x^2 este valoarea efectivă a lui $x(t)$ (puterea semnalului). Eroarea e comandă oscilatorul controlat în tensiune (OCT) în sensul reducerii sale pînă ce $e=0$ sau $\theta=0$, ceea ce era de dorit.

Banda buclei Costas, B_L , este determinată de filtrul trece jos 3. În prezența zgomotului alb se demonstrează că, la o corectă

- 84 -

dimensionare faza variază în jurul valorii corecte cu dispersia dată de relația [4]

$$\sigma_\phi^2 = \frac{N_0 B_L}{x^2}. \quad (5.10)$$

Bucșa pătratică - figura 5.5 - are performanțe identice cu cele ale buclei Costas. După dispozitivul de ridicare la pătrat se obține

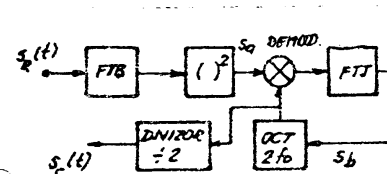


Fig. 5.5.

semnalului recepționat și (la defazaje mici) defazajul θ , care va acționa în sensul anulării defazajului. Prin divizare se obține un semnal cu frecvența purtătoarei, în fază sau în opoziție de fază cu ea.

Ambiguitatea de 180° în defazaj este caracteristică atât buclei pătratice cât și buclei Costas. Ca urmare a acestui inconvenient se pot produce confuzii între simboluri. În sistemele diferențiale acest inconvenient dispare. Pentru celelalte cazuri se recomandă transmiterea unor secvențe de recunoaștere.

Din a doua categorie fac parte sisteme ce folosesc un semnal pilot pe frecvența purtătoarei dar cu amplitudină mică în comparație cu aceasta sau sisteme care folosesc semnale pilot în afara benzii ocupate de semnalul util.

În figura 5.6 se prezintă un sistem care la sursă înlătură componentele din jurul frecvenței 0 a semnalului, printr-un filtru trece sus. În acest mod, după modulare, purtătoarea nu apare în spectrul rezultat. Semnalul modulat, de la ieșirea modulatorului echilibrat, este însumat cu o componentă spectrală, în cuadratură cu purtătoarea, mult atenuată. Deoarece spectrul datelor nu mai apare (ca urmare a filtrării de la emisie) în vecinătatea frecvenței purtătoarei, la recepție sincronizarea purtătoarei de referință se face fără ambiguitatea de 180° amintită la bucla Costas și bucla pătratică.

5- Care sunt avantajele/dezavantajele modulației de amplitudine pentru transmisiile de date ?

Cap.3 Transmisii de date în sisteme cu modulație liniară § Introducere

Cap.5 Transmisii de date în sisteme cu modulație de fază § Introducere

TD cu MA

MA - mel de modul. liniară care translat sem-nalul din BB în 2 beuzi simetrice față de purtător. Dacă se folos. BLU - utiliz. ef. a beuzii canalului ac. ar al. MA-BLU (față de MF, MFD) recom. MA în TD cu vit. mare pe canale de bandă limitată. dar echip. de recepție e complex: deoarece detecția e de tip coerent $\Rightarrow$ necesită un purtător local sincron n' sin fază cu purt. recept.

Variante ale STD cu MA

BLD - echip. cu MF ca bandă $\rightarrow$ det. necesar (de nif) Dacă BLD + P $\Rightarrow$ $\downarrow$ ponderea semnalului util (inf) dar e posib. detecția necoerentă $\Rightarrow$ echip. de R simplu dar TD e m puțin rezist. la perturb.

BLU - utiliz. ef. a beuzii canalului dar semnalul modulator (de date) ($\leftarrow$ binar multinivel) are comp. cu frec. f. joase $\Rightarrow$ e dificil de separat prin filtrare emachii benzile laterale care $\Rightarrow$ după modulare, fără a o afecta pe cealaltă. $\oplus$ det. coerentă

BLR - b. lat. reziduală - compromis dpt al utilizării beuzii canalului n' posib. de elimin. (parțială) a unei beuzi lat. (frecr. joase x transmiț. prin 2 beuzi iar cele rălalte printr-o bandă $\Rightarrow$ consum $\uparrow$ cu 25%)

MAQ - m-a. în cuadr. Se modul. 2 purtător (în cuadr.) cu 2 mesaje de nif n' semnalul transmis e suma lor. Se transmiț. ambele beuzi lat. dar fiind 2 mesaje dif. - are eficiența BLU

7. TRANSMISIUNI DE DATE ÎN SISTEME CU MODULAȚIE DE FAZĂ

După cum s-a văzut, sistemele cu modulație liniară utilizează banda de frecvență alocată dar, ca urmare a demodulării coerente, necesită echipamente complexe pentru refacerea purtătoarei. Sistemele MFD deși ocupă o bandă mai largă decât sistemele cu modulație liniară, permit demodularea necoerentă. Prin utilizarea modulației de fază se pot îmbina avantajele celor două sisteme. Semnalele cu modulație de fază sînt cunoscute și ca semnale PSK (Phase Shift-Keyed) sau semnale cu modulație cu deplasare de fază, MFD.

Semnalele MPD ocupă o bandă mai îngustă decât semnalele MFD, și necesită o putere de vîrf mai mică decât cele cu modulație liniară cu mai multe niveluri. De asemenea, ele se pot demodula și prin metode necoerente (ca și semnalele MFD), fără o reducere pronunțată a performanțelor. Semnalele MFD au mai multe asemănări cu semnalele MA decât cu semnalele MFD. Modulația de fază cu deplasarea de fază de 180° este similară modulației BLD.

Pentru transmiterea a mai mult de un simbol binar într-un interval Nyquist se utilizează în general sistemele de transmisiuni cu MFD. În mod uzual, numărul stărilor de fază este o putere a lui 2.

7.1. Modulația de fază

Se consideră semnalul modulator $x(t)$ dat de expresia

$$x(t) = \sum_n a_n g(t-nT), \quad (7.1)$$

unde g_n este impulsul dreptunghiular de durată T și amplitudine 1 iar a_n simbolul emis.

Semnalul MPD poate fi reprezentat prin

$$s(t) = U_0 \cos[\omega_0 t + \sum_n \phi_n g(t-nT)] \quad (7.2)$$

în care $\{\phi_n\}$ reprezintă o secvență de faze corespunzătoare secvenței $\{a_n\}$. Fazele ϕ_n iau valori discrete din mulțimea $k2\pi/M$ unde M reprezintă numărul de valori discrete pe care le poate lua

6- Care sunt avantajele/dezavantajele modulației de frecvență pentru transmisiile de date ?

Cap.4 Transmisii de date în sisteme cu modulație de frecvență § Introducere

- 97 -

6. TRANSMISIUNI DE DATE ÎN SISTEME CU MODULAȚIA DE FRECVENȚĂ

Sistemele ce folosesc semnale cu modulație cu deplasare de frecvență MFD se mai cunosc și sub denumirea de sisteme FSK (Frequency Shift-Keying). Utilizarea modulației de frecvență permite realizarea unor modemuri mai simple decât în cazul funcționării cu modulație liniară.

Deoarece se poate folosi demodulația necoherentă - în cazul sistemelor MFD - nu este necesară refacerea purtătoarei la recepție, ceea ce simplifică mult construcția receptorului modemului. În ceea ce privește emisia, modulația cu deplasare de frecvență nu ridică probleme mai complicate decât celelalte tipuri de modulație discretă.

În plus, apar avantajele caracteristice modulației de frecvență și anume:

rezistența la perturbații, independența față de atenuarea canalului de comunicație, puterea transmisă constantă, indiferent de puterea semnalului modulator.

Totuși, în cazul unor sisteme de transmisiuni de viteză mare, semnalizarea cu MFD este mai puțin utilizată ca urmare a eficienței reduse în utilizarea benzii alocate.

Schema bloc a unui sistem pentru transmiterea datelor, utilizând MFD se prezintă în figura 6.1. Semnalul cu frecvență variabilă, conform secvenței de date, produs de modulatorul de frecvență este trecut printr-un filtru trece bandă, ce limitează spectrul semnalului de ieșire la banda alocată.

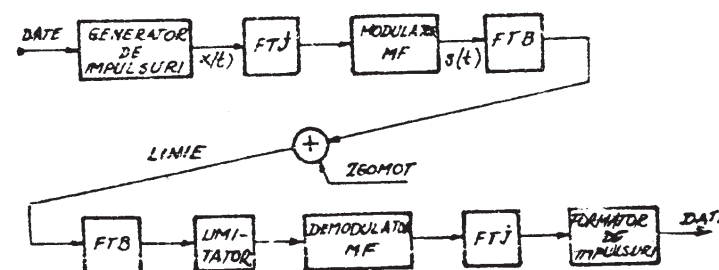


Fig.6.1.

7- Care sunt avantajele/dezavantajele modulației de fază pentru transmisiile de date ?

Cap.5 Transmisii de date în sisteme cu modulație de fază § Introducere

- 109 -

7. TRANSMISIUNI DE DATE ÎN SISTEME CU MODULAȚIE DE FAZĂ

După cum s-a văzut, sistemele cu modulație liniară utilizează banda de frecvență alocată dar, ca urmare a demodulării coerente, necesită echipamente complexe pentru refacerea purtătoare. Sistemele MFD deși ocupă o bandă mai largă decât sistemele cu modulație liniară, permit demodularea necoherentă. Prin utilizarea modulației de fază se pot îmbina avantajele celor două sisteme. Semnalele cu modulație de fază sunt cunoscute și ca semnale PSK (Phase Shift-Keyed) sau semnale cu modulație cu deplasare de fază, MPD.

Semnalele MPD ocupă o bandă mai îngustă decât semnalele MFD, și necesită o putere de vîrf mai mică decât cele cu modulație liniară cu mai multe niveluri. De asemenea, ele se pot demodula și prin metode necoherente (ca și semnalele MFD), fără o reducere pronunțată a performanțelor. Semnalele MPD au mai multe asemănări cu semnalele MA decât cu semnalele MFD. Modulația de fază cu deplasarea de fază de 180° este similară modulației BLD.

Pentru transmiterea a mai mult de un simbol binar într-un interval Nyquist se utilizează în general sistemele de transmisiuni cu MFD. În mod uzual, numărul stărilor de fază este o putere a lui 2.

8- Ce intelegeti prin transmisiune izocrona ?

Cap.6 Sincronizarea de bit § Introducere

- 122 -

8. SINCRONIZAREA DE BIT

După cum s-a văzut sistemele de transmisiuni sincrone asigură între oricare biți (simboluri), provenind de la același caracter sau de la caractere diferite, un multiplu întreg al intervalului elementar T . Transmisiunea sincronă se mai numește și transmisiune isocronă. Spre deosebire de sistemele sincrone, sistemele de transmisiuni asincrone asigură între oricare două momente semnificative ale unui caracter multipli întregi ai intervalului elementar dar nu asigură un multiplu întreg al intervalului elementar*. Sistemele asincrone, denumite și aritmice, asigură sincronismul la nivel de bit dar nu și la nivel de caracter.

În afara celor două tipuri de sisteme de transmisiuni prezentate, sincrone la nivelul bitului, se pot întrebuința în transmisiuni și sisteme ce efectuează sincronizarea pas cu pas, ele fiind asincrone chiar la nivelul bitului. Sînt sisteme cu utilizare mai restrînsă, în telemecanică, telemăsurări etc. Telegrafia Morse nu asigură nici ea o durată multiplu de T între oricare biți emiși.

9- Care tipuri de modemuri utilizeaza transmisiunea coerenta ?

Cap.3. Transmisii de date in sisteme cu modulatie liniara § Modemuri cu modulatie de amplitudine; Cap.5 Transmisii de date in sisteme cu modulatie de faza § Introducere 1/2

5.6. MODEMURI MA. RECOMANDĂRI CCITT. SCHEMA BLOC

Recomandările CCITT în vigoare prevăd aplicarea modulației de amplitudine în transmisiunile de date pe circuite utilizând lățimea de bandă a unui grup primar (60—108 kHz) din sistemele telefonice de curenti purtători. Vitezele de transmisie recomandate sînt de 48, 56, 64 și 72 kbit/s (aviz V 37) sau 96, 112, 128, 144 și eventual 168 kbit/s (aviz V37). Se utilizează MA—BLU, spectrul semnalului în banda de bază fiind format după o caracteristică cu răspuns parțial din clasa a IV-a (par. 4.8.1). Frecvența purtătorului este de 100 kHz. Pentru reconstituirea purtătorului la recepție se recomandă transmiterea unui pilot de frecvență egală cu cea a purtătorului. Avizul V35, mai puțin folosit, recomandă pentru transmisiuni sincrone cu viteza de 48 kbit/s, sau transmisiuni asincrone cu viteza pînă la 48 kbit/s, MA—BLR cu frecvența purtătorului de 100 kHz. Deși pentru transmisiuni de date în banda telefonică vocală avizele CCITT nu recomandă folosirea modulației de amplitudine, s-au realizat și modemuri care la vitezele de 4800, 7200 și 9600 bit/s, utilizează MAQ sau MA—BLR. În fig. 5.20 este prezentată schema bloc a unui modem ce folosește MA—BLR pentru transmisiuni cu viteza de 7200 bit/s în banda telefonică vocală

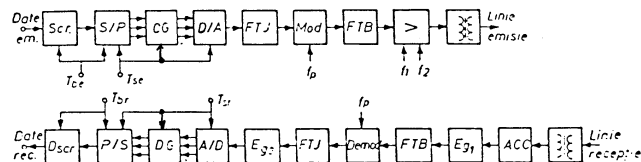


Fig. 5.20. Schema bloc a unui modem MA-BLR.

Frecvența purtătorului este 2 400 Hz iar rapiditatea de modulație este de 2 400 baud. Fluxul datelor serie avînd viteza de 7 200 bit/s, corespunde tactului de bit la emisie (T_{be}), este trecut prin scramblerul Scr și convertorul serie paralel S/P , obținîndu-se grupuri de cîte trei biți (tribiți) cărora, după codul Gray și convertorul digital-analogic D/A , le va corespunde un semnal în banda de bază cu opt nivele de amplitudine.

Filtrul trece jos (FTJ) care urmează, împreună cu filtrul postdectecție din receptor, formează spectrul semnalului în banda de bază după o caracteristică în cosinus ridicat cu un factor de exces de bandă $\alpha=0,5$ (fig. 5.21 a). După modulator, în care semnalul în banda de bază modulează purtătorul de frecvență $f_0=2\,400$ Hz, urmează un filtru trece bandă (FTB) care are rolul să elimine parțial banda laterală superioară asigurînd, împreună cu filtrul aflat înaintea demodulatorului în partea de recepție, o caracteristică spectrală cu simetrie impară în raport cu frecvența purtătorului (fig. 5.21 b, 5.21 c). Amplificatorul care urmează asigură nivelul necesar semnalului emis și totodată permite introducerea

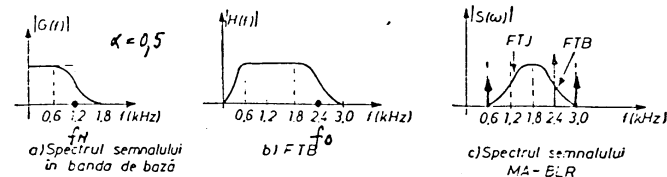


Fig. 5.21. Formarea spectrului semnalului MA-BLR.

a) Spectrul semnalului în banda de bază; b) FTB; c) Spectrul semnalului MA-BLR.

în semnalul de linie a doi piloți de frecvențe $f_1=600$ Hz și $f_2=3\,000$ Hz. În partea de recepție amplificatorul cu câștig controlat (ACC) asigură un nivel constant semnalului recepționat. Urmează un egalizator de linie E_{g1} , filtrul trece bandă, demodulatorul și filtrul trece jos postdectecție, după care semnalul este corectat în egalizorul E_{g2} în banda de bază. Convertorul analogic-digital A/D realizează sondarea semnalului corespunzător tactului de simbol recepție T_{sr} , de frecvență 2 400 Hz și ia decizia asupra nivelului de amplitudine (din cele opt) recepționat. După decodul Gray și convertorul P/S , fluxul datelor serie este trecut prin descrambler.

Tactul de bit emisie T_{be} , cu frecvența de 7 200 Hz, poate fi asigurat de către modem sau de către sursa de date. Tactul de simbol emisie T_{se} cu frecvența de 2 400 Hz corespunde rapidității de modulație și se formează din T_{be} . Purtătorul de la recepție, necesar demodulării, tactul de simbol recepție T_{sr} și tactul de bit recepție T_{br} se obțin prin prelucrarea piloților recepționați într-un bloc de reconstituire nefigurat în schemă.

Desigur schema prezentată este o schemă bloc generală, care evidențiază o modalitate de realizare a principalelor funcțiuni ale unui modem MA—BLR, fără a exclude și alte variante posibile. Spre exemplu, în partea de emisie, semnalul modulat și filtrat se poate obține din componentele sale în fază și în cuadratură, așa cum s-a arătat în paragraful 5.2.3.

MA—BLU permite o utilizare mai eficientă a benzii de frecvențe în comparație cu MA—BLR. Obținerea semnalului MA—BLU în transmisiunile de date este dificilă din cauză că semnalul modulator are componente importante de frecvențe foarte joase și eliminarea completă a unei benzi laterale este însoțită de distorsionarea celeilalte benzi în apropierea frecvenței purtătorului. Formarea semnalului modulator corespunzător unei caracteristici spectrale cu răspuns parțial de tip trece bandă, așa cum recomandă avizele V36 și V37, simplifică problema eliminării unei benzi laterale, însă duce la scăderea protecției față de zgomot (par. 4.8.3).

9- Care tipuri de modemuri utilizeaza transmisiunea coerenta ?

Cap.3. Transmisii de date in sisteme cu modulatie liniara § Modemuri cu modulatie de amplitudine; Cap.5 Transmisii de date in sisteme cu modulatie de faza § Introducere 2/2

7. TRANSMISIUNI DE DATE IN SISTEME CU MODULATIE DE FAZA

După cum s-a văzut, sistemele cu modulație liniară utilizează banda de frecvență alocată dar, ca urmare a demodulării coerente, necesită echipamente complexe pentru refacerea purtătoare. Sistemele MFD deși ocupă o bandă mai largă decât sistemele cu modulație liniară, permit demodularea necoherentă. Prin utilizarea modulației de fază se pot îmbina avantajele celor două sisteme. Semnalele cu modulație de fază sînt cunoscute și ca semnale PSK (Phase Shift-Keyed) sau semnale cu modulație cu deplasare de fază, MPD.

Semnalele MPD ocupă o bandă mai îngustă decât semnalele MFD, și necesită o putere de vîrf mai mică decât cele cu modulație liniară cu mai multe niveluri. De asemenea, ele se pot demodula și prin metode necoherente (ca și semnalele MFD), fără o reducere pronunțată a performanțelor. Semnalele MPD au mai multe asemănări cu semnalele MA decât cu semnalele MFD. Modulația de fază cu deplasarea de fază de 180° este similară modulației BLD.

Pentru transmiterea a mai mult de un simbol binar într-un interval Nyquist se utilizează în general sistemele de transmisiuni cu MPD. În mod uzual, numărul stărilor de fază este o putere a lui 2.

7.1. Modulația de fază

Se consideră semnalul modulator $x(t)$ dat de expresia

$$x(t) = \sum_n a_n g(t-nT), \quad (7.1)$$

unde g_n este impulsul dreptunghiular de durată T și amplitudine 1 iar a_n simbolul emis.

Semnalul MPD poate fi reprezentat prin

$$s(t) = U_0 \cos \left[\omega_0 t + \sum_n \phi_n g(t-nT) \right] \quad (7.2)$$

în care $\{\phi_n\}$ reprezintă o secvență de faze corespunzătoare secvenței $\{a_n\}$. Fazele ϕ_n iau valori discrete din mulțimea $k\frac{2\pi}{M}$ unde M reprezintă numărul de valori discrete pe care le poate lua

10- Ce intelegeti prin USB, care sunt nivelurile de tensiunile si debitele posibile

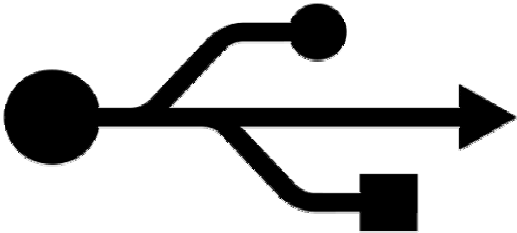
Cap.8 Interfete § USB

Magistrala seriala universala, USB (Universal Serial Bus)

USB este un standard de magistrala seriala pentru interfatarea dispozitivelor. Initial creata pentru calculatoare, se foloseste in prezent si pentru memorii portabile, console pentru jocuri video, PDA-uri, DVD-uri portabile, media-player-e, telefoane celulare si chiar televizoare, echipamente stereo fixe (audio-player-e digitale) sau de masina, mouse-uri, imprimante. Implementarea USB in spectrul radio e numita **Wireless USB**.

PDA-Personal Digital Assistant, calculator portabil mic pentru organizare informatiei personale, ce are un creion pentru selectia mouse-ului si tastaturii. Poate fi combinat cu telefoane celulare si alte tehnologii wireless. Se sincronizeaza cu desktop-ul prin cablu sau wireless.

USB a fost creat ca sa inlocuiasca toate porturile seriale si paralele de pe calculatoarele personale, care nu erau standardizate si necesitau o multime de driver-e. USB are o structura asimetrica cu un controler gazda „host-controller”, si o multime de dispozitive inseriate (daisy-chained). In lant pot fi incluse hub-uri USB suplimentare, permitand bifurcarea intr-o structura de arbore, cu maxim cinci niveluri de bifurcare per controler. La un controler gazda pot fi conectate maxim 127 de dispozitive pe bus. Cablurile USB nu trebuie sa aiba terminator. Calculatoarele personale pot avea cateva controlere gazda permitand astfel conectarea unui mare numar de dispozitive USB.



Sigla USB (trident)

USB a fost creata in 1996, 1 bit/serial/127 dispozitive per host, viteza maxima 480 Mbps, permitand conectarea/deconectarea dispozitivelor in timpul functionarii calculatorului, fara deconectarea/reinitializarea acestuia (hotplugging). Primele calculatoare dotate cu porturi USB aveau doar doua porturi; acum au minim 6 porturi (dintre care cel putin 3 frontale), ca sa se evite hub-urile USB.

Clase de dispozitive

Dispozitivele atasate pot fi **personalizate**, necesitand drivere personalizate de client, sau pot apartine unor **clase general valabile** cu (**dispozitiv+clasa**) bine definite. Se presupune ca un sistem de operare implementeaza toate clasele. Cele mai utilizate clase au ID-urile:

0x00- valoare rezervata in descriptorul dispozitivului ce arata ca descriptorul de interfata contine identificatorul de clasa a dispozitivului pentru fiecare interfata.

0x01- clasa dispozitivelor USB audio; placa de sunet.

0x02 - clasa dispozitivelor USB de comunicatie folosite pentru modemuri, placi de retea, conexiuni ISDN, Fax.

0x03 - clasa dispozitivelor USB pentru interfata umana, HID (Human Interface Device); tastatura, mouse,etc.

0x06 - clasa dispozitivelor USB de captare a imaginilor statice (identica cu folosirea pe USB a protocolului de transfer a imaginilor Picture Transfer Protocol).

0x07 - clasa dispozitivelor USB de imprimare; imprimante.

0x08 - clasa dispozitivelor USB de memorare; flash-drive, portable hard drive, cititoare de carduri de memorie, camere digitale, audio player-e digitale. Aceste clase de dispozitive se refera la dispozitivele bloc folosite de obicei pentru memorarea fisierelor.

0x09 – hub-urile USB.

0x0E - clasa dispozitivelor USB video: camere video, web-cam, in general dispozitive de captare a imaginilor in miscare.

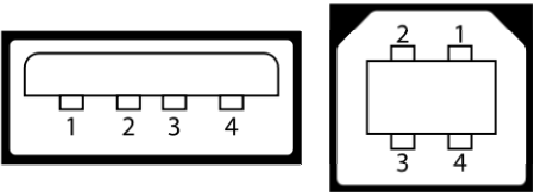
0xE0 – controlere wireless: de exemplu cheile hard pentru Bluetooth (dongles).

0xFF – clasa dispozitivelor personalizate de client; pentru cazul cand dispozitivul sau interfata nu suporta nici o clasa standard de dispozitive.

Semnalizarea USB

High = (2,8-3,6) V Low = (0-0,3)V

Pin	Funcție
1	V _{BUS} (4,75-5,25)V
2	D-
3	D+
4	GND
Shield	Shield



Semnalele USB se transmit pe cabluri de *perechi de fire torsadate*, notate cu D+ si D-, care lucreaza de obicei impreuna, nu sunt conexiuni simplex separate. Impleuna folosesc o transmisie diferentiala semiduplex, pentru reducerea efectului perturbatiilor electromagnetice.

Viteze de transfer

-Viteza mica (Low-Speed) pina la 1,5 Mbps (187,5 kbps) pentru interfata HID (tastatura, mouse, joystick).

- Viteza medie (Full-Speed) pina la 12 Mbps (1,5 MBps) a fost viteza maxim posibila pentru multe dispozitive, pina la aparitia variantei USB 2.0. Dispozitivele Full-Speed partajeaza banda de frecvente dupa sistemul primul sosit primul servit (first-come-first-served), ramasa de la traficul isocron. Toate dispozitivele suporta aceasta viteza.

- Viteza mare (Hi-Speed) pina la 480 Mbps (60MBps).

In general hub-urile (chiar si cele Hi-Speed), care servesc mai multe dispozitive non-Hi-Speed, impart acestora banda totala de 12 Mbps, efectul fiind incetinirea lor, cu exceptia cazului cand hub-ul are un **translator de tranzactie** la fiecare port. Translatorul de tranzactie este o functie a hub-urilor Hi-Speed care separa pe magistrala traficul Hi-Speed de cel Full-Speed si Low-Speed.

Nu toate dispozitivele USB 2.0 sunt Hi-Speed. De obicei dispozitivele Hi-Speed opereaza doar la 30MBps, jumatate din viteza maxima teoretica, de 60 MBps, iar multe dintre ele lucreaza la 3 MBps, uneori pana la 10-20 MBps. USB-IF certifica dispozitivele si da licenta pentru folosirea unui logo comercial, fie pentru **viteza de baza** (low si full), fie pentru viteza mare, dupa efectuarea unui test de conformitate si platirea unor taxe. Toate dispozitivele sunt testate conform cu ultimele specificatii, astfel ca dispozitivele Low-Speed recente sunt 2.0. Daca un dispozitiv Hi-Speed e conectat intr-un hub Full-Speed, va lucra la viteza mai mica, cea Full-Speed.

Codarea datelor se face NRZI cu dopare cu biti, la care doar aparitia lui 1 duce la inversarea nivelului, iar aparitia lui 0 nu modifica nivelul. Doparea cu biti (bit-stuffing) prevede ca dupa 5 de 1 succesivi sa fie automat introdus un 0 la emisie, care va fi ignorat de receptor. Acest tip de dopare se face deoarece majoritatea cadrelor de date au prevazuti delimitatori de inceput si sfarsit de cadru de forma 01111110, eliminand astfel posibilitatea ca o succesiune asemanatoare din aparuta in campul de date, sa fie interpretata ca delimitator.

Alimentarea se face la **5 V** pe un fir (maxim 5,25V si minim 4,35V intre liniile +ve si -ve). Consumul maxim de curent permis initial a fost de 100 mA, si se permite sa mai consume de la dispozitivele din amonte cate 100 mA. Dar, in practica, multe porturi

SISTEME DE COMUTAȚIE DIGITALĂ
ANUL 3, SEMESTRUL 6

1. Care este structura generală (schema bloc) a unei centrale telefonice automate?

https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/1_Introducere.pdf, pag. 5-6

1.3. Arhitectura generală a CTA

Arhitectura generală a unei CTA este prezentată în figura 1.4 și conține următoarele blocuri funcționale importante:

- RCX – *rețeaua de conexiune*, care reprezintă elementul principal al centralei, ce realizează conexiunile între liniile de intrare și liniile de ieșire, sub coordonarea unității de comandă. Se deosebesc două categorii de conexiuni realizate prin RCX:
 - ✓ conexiuni pentru *informația utilizator* (în principal voce, dar și date), reprezentate în figură cu linie continuă;
 - ✓ conexiuni de comandă, numite *conexiuni sempermanente*, reprezentate cu linie întreruptă.

Folosirea rețelei de conexiune pentru transmiterea informațiilor de comandă între unitatea de comandă și celelalte blocuri ale centralei este o soluție ce oferă o mare flexibilitate, permițând modificarea legăturilor interne de comandă în funcție de sarcinile de trafic sau de starea de disponibilitate a echipamentelor.

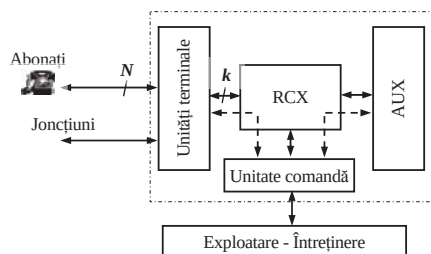


Fig. 1.4. Arhitectura generală a CTA.

- Unitățile terminale – realizează două funcții importante:
 - ✓ de *interfață* între mediile de transmisie pe de o parte și rețeaua de conexiune și unitatea de comandă pe de altă parte. Mediul de transmisie al centralei cuprinde liniile prin care se conectează abonații locali și joncțiunile prin care se conectează alte centrale. Ca urmare, și unitățile terminale sunt diferențiate, existând unități terminale pentru linii de abonat analogice sau digitale (ISDN), respectiv unități terminale pentru joncțiunile de legătură cu alte centrale.
 - ✓ unitățile terminale specializate pentru liniile de abonat (analogice sau digitale), îndeplinesc și funcția de *concentrare a traficului*. Această funcție se bazează pe observația că practic niciodată cei N abonați ai CTA nu vor solicita simultan o conexiune și astfel este posibil ca RCX să aibă dimensiunea (exprimată prin număr de intrări și ieșiri) semnificativ mai mică decât N . Dacă dimensiunea RCX este k , atunci se poate defini un coeficient de concentrare a traficului prin raportul N/k . Unitățile terminale pentru liniile de abonat se pot amplasa distant față de CTA, în zonele de concentrare a abonaților, conectarea lor cu RCX făcându-se cu echipamente de transmisiuni, rezultând în acest caz o reducere semnificativă a lungimii liniilor de abonat și implicit a costului rețelei de abonat.
- AUX – *auxiliarele*, echipamente care realizează schimbul de informații sau semnalizările centralei cu abonații proprii sau cu alte centrale. Astfel, pentru abonații proprii se asigură:

- ✓ informarea cu privire la diferitele faze de desfășurare a unui apel prin *tonuri* (furnizate de generatoarele de tonuri GT, dublate)
- ✓ *recepția informației de selecție* în cod MF provenită de la abonați (cu ajutorul unui număr de i receptoare RMF)
- ✓ pentru schimbul de informații cu alte centrale se asigură prelucrarea semnalelor necesare în conformitate cu sistemul de semnalizare folosit (ex. sistemul de semnalizare ITU T nr. 7)

• *Unitatea de comandă* – realizează *supervizarea* întregului sistem. Funcția principală a unității de comandă este aceea de a realiza, pe baza informațiilor primite de la unitățile terminale și de la auxiliare, precum și pe baza unei logici proprii, comanda RCX pentru asigurarea conexiunilor solicitate de abonați. CTA realizate după vechile tehnologii electromagnetice dispun de o unitate de comandă care funcționează după un *program cablat*. CTA moderne, digitale, dispun de o unitate de comandă *prin program înregistrat*, specifică unităților de comandă de tip sistem de calcul, care permite evoluția funcțiilor și serviciilor centralei. O astfel de unitate de comandă este realizată sub forma unui sistem multiprocesor, care rulează în timp real programe specifice pentru prelucrarea apelurilor și pentru alte funcții ale centralei. Elementul funcțional cel mai important al UC se numește generic **registru**. Un registru poate controla stabilirea unui singur apel la un moment dat.

• *Blocul de exploatare și întreținere* realizează interfața operatorului cu centrala și oferă operatorului posibilitatea de a interveni în funcționarea centralei, pentru a îndeplini funcții de *exploatarea (administrarea) centralei*: crearea de noi abonați, instalări de joncțiuni, obținerea informațiilor de taxare, precum și funcții de *întreținere*, prin care se asigură atât prevenirea cât și remedierea deranjamentelor. Aceste funcții se pot realiza centralizat, la nivelul întregii rețele telefonice, prin platformele TMN (*Telecommunication Management Network*).

În general blocurile funcționale importante ale centralei sunt prevăzute cu rezerve astfel încât defectarea unor elemente să nu afecteze buna funcționare a centralei, sau, în cel mai rău caz, să conducă la o degradare acceptabilă a serviciului telefonic.

1.4. Funcții asigurate de centrală

• *Funcția de conexiune*, care este funcția de bază a centralei, prin care se asigură conexiuni între abonați și joncțiuni în toate combinațiile posibile. Funcția de conexiune este îndeplinită în principal de RCX împreună cu unitățile terminale. RCX este astfel dimensionată încât în general se lucrează în regim cu pierderi, asigurându-se un număr de conexiuni simultane limitat, determinat pe baza unor valori medii statistice obținute prin estimarea traficului oferit de abonați. Solicitățile peste această valoare devin apeluri pierdute.

• *Funcția de semnalizare* – presupune schimbul bidirecțional de informații cu mediul de transmisie exterior, adică cu abonații sau cu alte centrale. Acest schimb de informații se face după reguli specifice care țin cont de principiile de funcționare ale centralelor și de tipul abonaților. Ansamblul acestor reguli constituie *sistemul de semnalizare*.

• *Funcția de comandă* – presupune prelucrarea informațiilor de semnalizare în vederea elaborării unei comenzi spre RCX pentru realizarea conexiunii dorite. Elementele componente ale unității de comandă, care realizează diferite subfuncții de comandă, sunt angajate pe durată fixă și predeterminată pentru fiecare operație și nu rămân angajate pe toată durata convorbirii.

2. Definiți comutația temporală.

https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/2_Retele%20de%20conexiune.pdf, pag. 13-14

Fluxul PCM transmite informația unidirecțional. O legătură telefonică presupune 2 legături la nivel PCM, câte una pentru fiecare sens de comunicație.

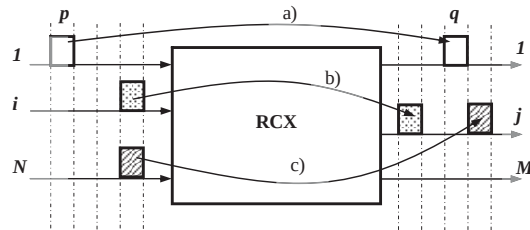


Fig. 2.2. Tipuri de comutație digitală.

Se pot defini următoarele tipuri de operații de comutație pe care le poate realiza RCX:

- a) *temporală*, dacă $p \neq q$ și $i = j$;
- b) *spațială*, dacă $p = q$ și $i \neq j$;
- c) *spatiotemporală* sau *digitală* (în sens general), dacă $p \neq q$ și $i \neq j$.

2.2. Comutația digitală temporală

Comutația digitală temporală presupune existența unui singur flux PCM de intrare, respectiv de ieșire, și schimbarea poziției temporale a unui eșantion reprezentând o cale telefonică în fluxul de ieșire față de cel de intrare.

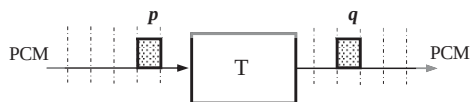


Fig. 2.3. Comutația digitală temporală.

Componenta principală a unui comutator T: *memoria temporală* (MT) (eșantioanele care reprezintă căile telefonice în fluxul PCM trebuie transmise la ieșire la momente diferite de timp față de momentul apariției la intrare, fiind necesară *memorarea* acestor eșantioane).

Se presupune că MT are intrări și ieșiri de date separate.

Pentru o gestiune mai simplă a memoriei, eșantioanele se convertesc din formatul serie în formatul paralel înainte de a fi memorate și se convertesc invers după citirea din memorie. Operațiile de conversie sunt executate de convertoarele serie – paralel (S/P), respectiv paralel – serie (P/S).

În figură s-a notat cu n numărul de căi din fluxul PCM (pentru PCM32, $n = 32$).

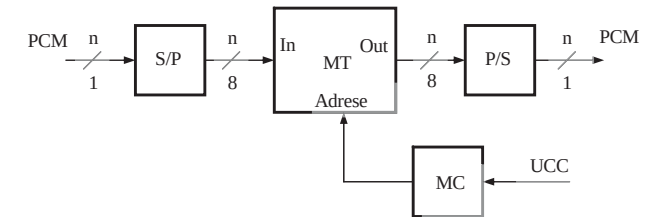


Fig. 2.4. Comutatorul temporal – schemă bloc.

Relația între poziția fiecărei căi din fluxul de intrare, memorate în MT, și poziția căii respective în fluxul de ieșire este păstrată într-o a doua memorie, denumită *memorie de comandă* (MC).

Realizarea sau modificarea unei conexiuni temporale se va face prin schimbarea corespunzătoare a conținutului MC. Acest lucru este realizat în faza de stabilire sau întrerupere a conexiunii de către *unitatea de comandă* (UC) a CTA.

Memoriile MT și MC sunt memorii de tip RAM.

Dimensiunile memoriilor:

- MT: n locații (cuvinte) a câte l biți (n este numărul de căi din fluxul PCM și pentru fiecare cale se alocă l biți/eșantion); pentru PCM32, $n = 32$, $l = 8$;
- MC: n locații, a câte $\lceil \log_2 n \rceil$ biți, unde $\lceil x \rceil$ reprezintă cel mai mic număr întreg mai mare decât x .

Din punct de vedere al modului de organizare a operațiilor de scriere și de citire relativ la MT se deosebesc 2 variante constructive de comutator temporal:

- comutator temporal comandat la ieșire;
- comutator temporal comandat la intrare.

2.2.1. Comutatorul temporal comandat la ieșire

Comutatorul temporal comandat la ieșire se caracterizează prin aceea *că înscrierea căilor din fluxul de intrare în MT se face în mod ordonat, în ordinea sosirii, la adrese succesiv crescătoare din MT, începând cu adresa 0.*

Citirea din MT în vederea constituirii fluxului de ieșire se face comandat (controlat) prin intermediul MC.

Schema din fig. 2.5 conține, față de elementele din schema 2.4, un numărator de adrese, care este sincron cu fluxul PCM de intrare și are capacitatea egală cu numărul de căi din fluxul PCM (32 în cazul PCM32). Numărătorul de adrese generează adresele de scriere în MT așa încât scrierea căilor din fluxul PCM de intrare în MT se face în

3. Definiți comutația spațială.

https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/2_Retele%20de%20conexiune.pdf, pag. 13, 18-19

Fluxul PCM transmite informația unidirecțional. O legătură telefonică presupune 2 legături la nivel PCM, câte una pentru fiecare sens de comunicație.

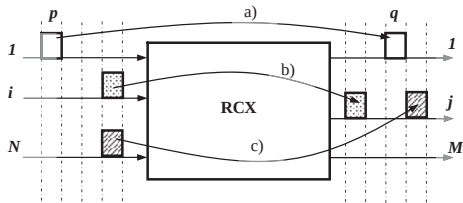


Fig. 2.2. Tipuri de comutație digitală.

Se pot defini următoarele tipuri de operații de comutație pe care le poate realiza RCX:

- temporală, dacă $p \neq q$ și $i = j$;
- spațială, dacă $p = q$ și $i \neq j$;
- spațiotemporală sau digitală (în sens general), dacă $p \neq q$ și $i \neq j$.

2.2. Comutația digitală temporală

Comutația digitală temporală presupune existența unui singur flux PCM de intrare, respectiv de ieșire, și schimbarea poziției temporale a unui eșantion reprezentând o cale telefonică în fluxul de ieșire față de cel de intrare.



Fig. 2.3. Comutația digitală temporală.

Componenta principală a unui comutator T: *memoria temporală* (MT) (eșantioanele care reprezintă căile telefonice în fluxul PCM trebuie transmise la ieșire la momente diferite de timp față de momentul apariției la intrare, fiind necesară *memorarea* acestor eșantioane).

Se presupune că MT are intrări și ieșiri de date separate.

Pentru o gestiune mai simplă a memoriei, eșantioanele se convertesc din formatul serie în formatul paralel înainte de a fi memorate și se convertesc invers după citirea din memorie. Operațiile de conversie sunt executate de convertoarele serie – paralel (S/P), respectiv paralel – serie (P/S).

În figură s-a notat cu n numărul de căi din fluxul PCM (pentru PCM32, $n = 32$).

2.3. Comutatorul digital spațial

Comutatorul spațial are N intrări și M ieșiri fluxuri PCM

Comutația spațială presupune transferul conținutului unei căi temporale oarecare p dintr-un flux PCM de intrare oarecare i , pe același interval temporal p din oricare flux PCM de ieșire j .

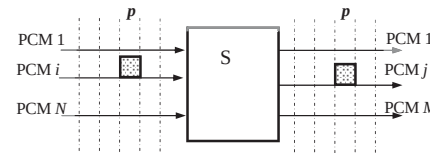


Fig. 2.9. Comutatorul spațial.

Un comutator spațial, conform definiției, presupune sincronismul între fluxurile PCM de intrare și de ieșire, care trebuie să fie de același tip (cu același număr de căi temporale).

Comutatorul spațial nu necesită memorii pentru comutație, deoarece poziția în timp a căilor nu se schimbă.

Comutația se poate realiza folosind porți logice sau alte elemente echivalente, aranjate într-o structură de tip matrice, conform figurii 2.10, în care coloanele matricii reprezintă intrările, iar liniile reprezintă ieșirile. La intersecția fiecărei linii cu fiecare coloană se află un element de conexiune reprezentat simbolic printr-un contact, comandat de semnalul de comandă C_{ij} , unde i și j indică coloana, respectiv linia.

Comanda conexiunii între o coloană și o linie din matrice se face pe durate corespunzătoare unei căi PCM. Astfel, pe durata unei anumite căi, o intrare se poate conecta cu o anumită ieșire, iar pe durata unei alte căi, aceeași intrare se poate conecta cu o altă ieșire.

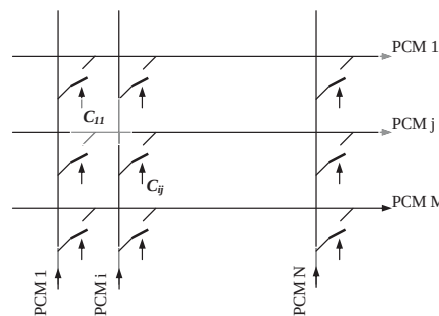


Fig. 2.10. Comutatorul spațial.

Pentru comanda coexistenței pe fiecare cale temporală, comutatorul spațial este prevăzut cu *memorii de comandă*, cu un număr de locații egal cu numărul de căi din fluxurile PCM și care memorează, pentru fiecare cale, identitatea liniilor de intrare sau de ieșire care se conectează pe durata căii respective.

După modul de organizare al memoriilor de comandă și al circuitelor de comandă aferente liniilor și coloanelor din matricea comutatorului din figura 2.10, se pot deosebi două tipuri de comutatoare spațiale:

- comutator spațial comandat la ieșire;
- comutator spațial comandat la intrare.

Comutatorul spațial comandat la ieșire are structura prezentată în figura 2.11. Fiecărei linii de intrare i se asociază un circuit de comandă care constituie un *plan de comandă*. Pentru cele N linii de intrare, vor exista în total N plane de comandă identice. Fiecare plan de comandă este compus dintr-o memorie cu n locații și dimensiunea cuvântului $\lceil \log_2 M \rceil$ biți, un circuit de decodificare de tip 1 din M și un numărător de adrese, care are n poziții.

Observație: Nu confundați N (numărul de intrări PCM în comutator), cu n (numărul de căi temporale din fluxul PCM).

Pentru fiecare intrare, există în structura comutatorului un număr de porți logice egal cu numărul de ieșiri (M în figură). Prin intermediul acestor porți, intrarea se poate conecta cu oricare din cele M ieșiri. Pentru a simplifica desenul, în figură au fost reprezentate doar porțile asociate intrării 1.

Porțile asociate unei intrări, împreună cu planul de comandă aferent, permit echivalarea *comutatorului spațial comandat la ieșire* cu o structură de *demultiplexor*, care conectează intrarea cu una din cele M ieșiri.

Numărătorul de adrese este sincron cu fluxurile de intrare și de ieșire, având starea 0 pe durata căii 0, starea 1 pe durata căii 1 și așa mai departe până la starea $n-1$ pe durata căii $n-1$ (n căi în total), după care se reia starea 0.

Conținutul unei memorii de comandă, dintr-un plan de comandă, arată, în fiecare locație, adică pentru fiecare cale de pe intrarea asociată planului de comandă respectiv, identitatea liniei de ieșire la care se va conecta calea de pe linia de intrare.

Datele citite din memoria de comandă sunt aplicate decodificatorului, care face ca una din cele M ieșiri să devină activă, validând poarta logică care conectează intrarea cu ieșirea respectivă pe durata unei căi.

Comutatorul spațial comandat la ieșire din fig. 2.11 permite conectarea mai multor intrări simultan la aceeași ieșire, dacă se înscris

4. Prin ce se caracterizează un comutator T comandat la ieșire, comparativ cu unul comandat la intrare?

https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/2_Retele%20de%20conexiune.pdf, pag. 14, 16

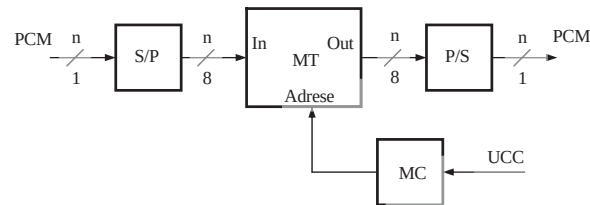


Fig. 2.4. Comutatorul temporal – schemă bloc.

Relația între poziția fiecărei căi din fluxul de intrare, memorate în MT, și poziția căii respective în fluxul de ieșire este păstrată într-o a doua memorie, denumită *memorie de comandă* (MC).

Realizarea sau modificarea unei conexiuni temporale se va face prin schimbarea corespunzătoare a conținutului MC. Acest lucru este realizat în faza de stabilire sau întrerupere a conexiunii de către *unitatea de comandă* (UC) a CTA.

Memoriile MT și MC sunt memorii de tip RAM.

Dimensiunile memoriilor:

- MT: n locații (cuvinte) a câte l biți (n este numărul de căi din fluxul PCM și pentru fiecare cale se alocă l biți/eșantion); pentru PCM32, $n = 32$, $l = 8$;
- MC: n locații, a câte $\lceil \log_2 n \rceil$ biți, unde $\lceil x \rceil$ reprezintă cel mai mic număr întreg mai mare decât x .

Din punct de vedere al modului de organizare a operațiilor de scriere și de citire relativ la MT se deosebesc 2 variante constructive de comutator temporal:

- comutator temporal comandat la ieșire;
- comutator temporal comandat la intrare.

2.2.1. Comutatorul temporal comandat la ieșire

Comutatorul temporal comandat la ieșire se caracterizează prin aceea că **înscrierea căilor din fluxul de intrare în MT se face în mod ordonat, în ordinea sosirii, la adrese succesiv crescătoare din MT, începând cu adresa 0.**

Citirea din MT în vederea constituirii fluxului de ieșire se face comandat (controlat) prin intermediul MC.

Schema din fig. 2.5 conține, față de elementele din schema 2.4, un numărator de adrese, care este sincron cu fluxul PCM de intrare și are capacitatea egală cu numărul de căi din fluxul PCM (32 în cazul PCM32). Numărătorul de adrese generează adresele de scriere în MT așa încât scrierea căilor din fluxul PCM de intrare în MT se face în

Se presupune că ordinea dorită la ieșire este D, B, E, F, A, C.

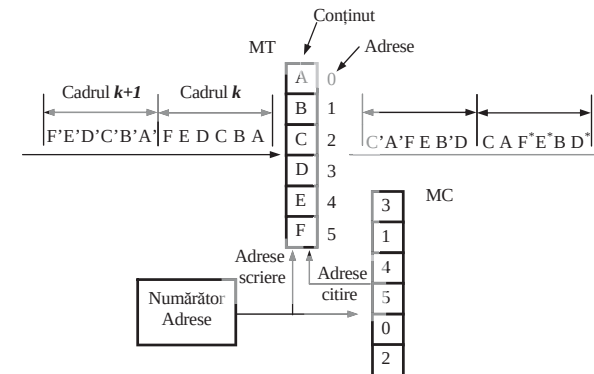


Fig. 2.7. Exemplu de comutator temporal comandat la ieșire.

Între căile de ieșire și cele de intrare apare o **întârziere**.

Unele căi din fluxul de intrare apar la ieșire în cadrul curent (căile A, B și C din exemplu), iar altele apar în fluxul de ieșire în cadrul următor (căile D, E și F din exemplu).

Întârzierea maximă care poate să apară între poziția unei căi în fluxul de ieșire față de cel de intrare este egală cu **durata unui cadru PCM**.

2.2.2. Comutatorul temporal comandat la intrare

Înscrierea căilor din fluxul de intrare **se face în MT în mod comandat**, în conformitate cu conținutul MC, iar **citirea din MT se face ordonat, în ordinea crescătoare a adreselor**, sub comanda număratorului de adrese.

Schema comutatorului temporal comandat la intrare este similară cu cea a comutatorului comandat la ieșire (figura 2.6), cu deosebirea că la MT sunt inversate intrările de adrese: adresele de citire sunt date de număratorului de adrese, iar adresele de scriere sunt date de MC.

Așa cum rezultă și din exemplul din fig. 2.8, MT se va citi în ordinea naturală a adreselor, prin urmare căile trebuie scrise în MT în locații corespunzătoare ordinii dorite la ieșire. Din acest motiv, pentru aceeași ordine dorită la ieșire, conținutul MC diferă (cu unele excepții), la cele două tipuri de comutatoare temporale.

În exemplul prezentat în figura 2.8, este reluat exemplul dat anterior și modificat pentru cazul comutatorului temporal comandat la intrare, păstrând aceeași ordine la ieșire.

5. În ce caz poate apare blocare internă într-o rețea de comutație cu două etaje?

https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/2_Retele%20de%20conexiune.pdf, pag. 25-26

2.5.1. RCX cu două etaje

a) RCX de tip TS

Rețeaua TS, prezentată în figura 2.15, este compusă din două etaje, având în primul etaj N comutatoare temporale T , conectate fiecare pe câte un flux PCM de intrare, iar în al doilea etaj un singur comutator spațial S cu N intrări și M ieșiri.

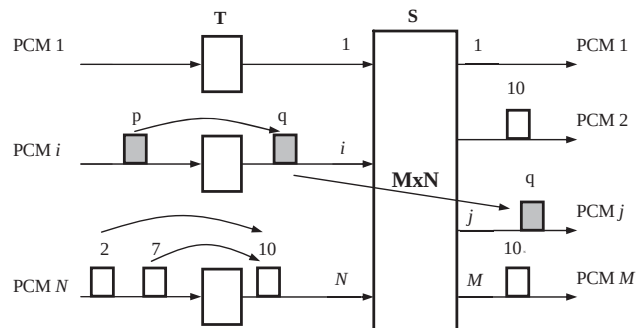


Fig. 2.15. RCX tip TS.

Fiecare comutator T din primul etaj este conectat la o intrare a comutatorului S . Fluxurile PCM de intrare și de ieșire au același număr n de căi (32 pentru PCM32).

Pentru a comuta o cale oarecare p de pe intrarea i în poziția q pe ieșirea j , se parcurg următoarele etape:

- În comutatorul T de la intrarea i , se comută calea p în poziția q ;
- În comutatorul S , se comută calea q de pe intrarea i în aceeași poziție q , pe ieșirea dorită j .

Se poate constata că în cazul rețelei TS, pentru orice pereche de căi de intrare – ieșire, există o singură cale posibilă pe fluxurile de legătură între cele două etaje, și anume calea q (determinată de identitatea ieșirii) de pe link-ul i (determinat de identitatea intrării).

Rețeaua TS este afectată de *blocare internă*, care poate să apară în cazul în care se solicită, simultan, conectarea a două căi diferite de pe același flux PCM de intrare, în aceeași poziție de timp, pe două căi diferite de ieșire.

Acest fenomen este exemplificat în figura 2.15, prin solicitarea de a comuta căile 2 și 7 de pe ultima intrare, în poziția 10 pe ieșirile 2 și M . Pentru aceasta, calea 2 de pe intrarea N se comută în etajul T pe poziția 10, iar calea 7 ar trebui comutată tot pe poziția 10, care este deja ocupată, conducând la blocare internă.

b) RCX de tip ST

Rețeaua de conexiune de tip ST este asemănătoare cu cea de tip TS, descrisă anterior, cu deosebirea că etajele sunt inversate între ele, primul etaj fiind de tip S , cu N intrări și M ieșiri, iar etajul al doilea este compus din M comutatoare de tip T , dispuse fiecare pe câte un flux de ieșire, după cum se arată în figura 2.16.

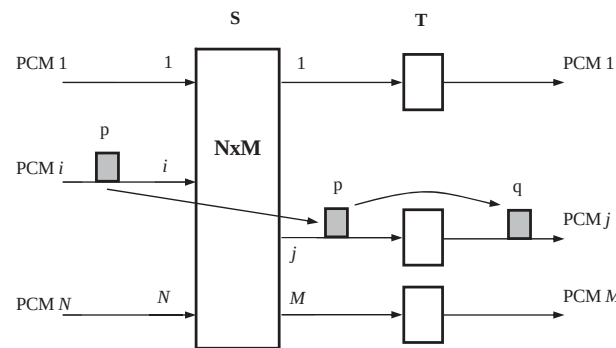


Fig. 2.16. RCX tip ST.

În mod similar, pentru a comuta o cale oarecare p de pe intrarea i în poziția q pe ieșirea j în cazul rețelei ST, se parcurg următoarele etape:

- În comutatorul S , se comută calea p de pe intrarea i în aceeași poziție p , pe ieșirea dorită j ;
- În comutatorul T de la ieșirea j , se comută calea p în poziția dorită q .

Rețeaua ST, ca și rețeaua TS, asigură, pentru orice pereche de căi de intrare – ieșire, o singură cale posibilă pe fluxurile de legătură între cele două etaje, și anume calea p (determinată de identitatea intrării) de pe fluxul j (determinat de identitatea ieșirii).

Rețeaua ST este de asemenea afectată de *blocare internă*, care poate să apară în cazul în care se solicită, simultan, conectarea a două căi cu aceeași poziție în timp (același număr de ordine), de pe două fluxuri diferite de intrare, pe două poziții diferite de pe aceeași cale de ieșire.

Pentru orice rețea de conexiune cu mai multe etaje de tip T și S se poate defini *complexitatea de implementare*, exprimată printr-un coeficient C care ține cont de numărul total de puncte de conexiune (porți) și de numărul total de biți de memorie prin relația:

$$C = N_x + \frac{N_b}{100} \quad (2.3)$$

6. Comparați din punct de vedere al probabilității de blocare rețelele de comutație cu trei etaje față de cele cu două etaje. Justificați răspunsul.

https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/2_Retele%20de%20conexiune.pdf, pag. 25, 29, 32

2.5.1. RCX cu două etaje

a) RCX de tip TS

Rețeaua TS, prezentată în figura 2.15, este compusă din două etaje, având în primul etaj N comutatoare temporale T , conectate fiecare pe câte un flux PCM de intrare, iar în al doilea etaj un singur comutator spațial S cu N intrări și M ieșiri.

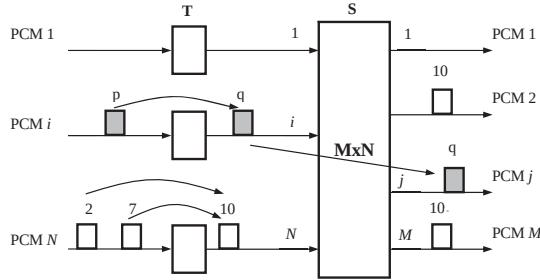


Fig. 2.15. RCX tip TS.

Fiecare comutator T din primul etaj este conectat la o intrare a comutatorului S . Fluxurile PCM de intrare și de ieșire au același număr n de căi (32 pentru PCM32).

Pentru a comuta o cale oarecare p de pe intrarea i în poziția q pe ieșirea j , se parcurg următoarele etape:

- În comutatorul T de la intrarea i , se comută calea p în poziția q ;
- În comutatorul S , se comută calea q de pe intrarea i în aceeași poziție q , pe ieșirea dorită j .

Se poate constata că în cazul rețelei TS, pentru orice pereche de căi de intrare – ieșire, există o singură cale posibilă pe fluxurile de legătură între cele două etaje, și anume calea q (determinată de identitatea ieșirii) de pe link-ul i (determinat de identitatea intrării).

Rețeaua TS este afectată de *blocare internă*, care poate să apară în cazul în care se solicită, simultan, conectarea a două căi diferite de pe același flux PCM de intrare, în aceeași poziție de timp, pe două căi diferite de ieșire.

Acest fenomen este exemplificat în figura 2.15, prin solicitarea de a comuta căile 2 și 7 de pe ultima intrare, în poziția 10 pe ieșirile 2 și M . Pentru aceasta, calea 2 de pe intrarea N se comută în etajul T pe poziția 10, iar calea 7 ar trebui comutată tot pe poziția 10, care este deja ocupată, conducând la blocare internă.

intrare și ieșire. În mod corespunzător, comutatorul S trebuie să fie dimensionat pentru un flux cu n' căi.

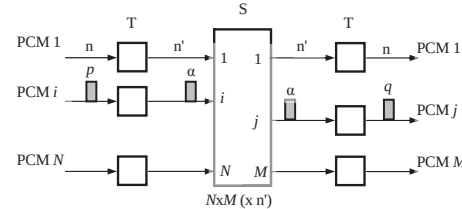


Fig. 2.18. RCX tip TST.

Pentru a stabili o conexiune între calea oarecare p de pe intrarea i și calea oarecare q de pe ieșirea j , se execută următoarele operații:

- Se caută o cale oarecare α (din n' variante posibile), care să fie *simultan liberă* pe intrarea i și ieșirea j a comutatorului S ;
- Se comută în primul etaj T calea p în poziția α aleasă, pe fluxul de intrare i ;
- Se comută în etajul S calea α de pe intrarea i în poziția α pe ieșirea j ;
- Se comută în ultimul etaj T calea α pe poziția dorită q , pe fluxul de ieșire j .

Rețeaua TST asigură, pentru o conexiune între orice pereche de căi de intrare – ieșire, un număr de n' variante posibile. Din acest motiv, probabilitatea de blocare pentru rețeaua TST este evident mai mică decât pentru rețelele cu două etaje. După cum se va constata în urma calculelor, această probabilitate de blocare va fi cu atât mai mică, cu cât numărul de căi n' pe fluxurile interne ale rețelei este mai mare.

Calculul probabilității de blocare pentru o rețea de conexiune este o problemă dificilă, mai ales pentru rețele nesimetrice sau cu structuri mai ample. Pentru nevoile practice, se pot face unele simplificări, care conduc la un rezultat rapid și simplu, suficient de exact pentru scopul propus. Aceste metode simple oferă de asemenea o posibilitate convenabilă pentru analize comparative ale diferitelor tipuri de rețele.

Pentru a calcula probabilitatea de blocare a rețelei TST vom reprezenta schematic, în figura 2.19, sub forma unui graf, cele n' drumuri posibile între intrare și ieșire:

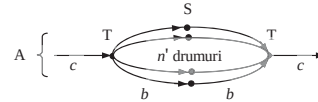


Fig. 2.19. Graful drumurilor prin rețeaua de tip TST.

- Se comută în etajul doi, în comutatorul T ales, calea p de pe link-ul de intrare i în poziția q pe link-ul de ieșire j ;
- Se comută în ultimul etaj S calea q de pe link-ul i pe aceeași poziție q , pe fluxul de ieșire j .

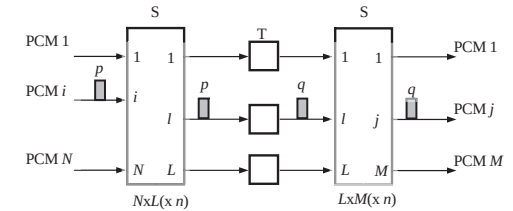


Fig. 2.20. RCX de tip STS.

Pentru orice conexiune, rețeaua STS oferă L variante diferite de drum.

Ca și pentru rețeaua TST, se poate calcula în același mod probabilitatea de blocare, folosind graful din figura 2.21.

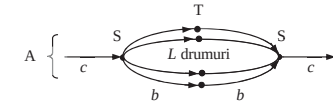


Fig. 2.21. Graful drumurilor prin rețeaua de tip STS.

Urmând raționamentul expus pentru rețeaua TST, se poate deduce pentru probabilitatea de blocare a rețelei STS expresia:

$$B_{STS} = (1 - (1 - b)^2)^L \quad (2.12)$$

care, în cazul unor căi slab ocupate, cu $b \ll 1$, devine:

$$B_{STS} \approx (2b)^L \quad (2.13)$$

Ca și pentru rețeaua TST, se poate determina condiția ca rețeaua STS să fie nonblocantă în sens strict, adică condiția Clos:

$$L \geq 2(n - 1) + 1 = 2n - 1 \quad (2.14)$$

Din punct de vedere al complexității, rețeaua TST este mai simplă decât STS, pentru aceeași probabilitate de blocare internă.

7. Prin ce se caracterizează sistemul de semnalizare pe canal comun, comparativ cu sistemul de semnalizare pe canal asociat?

https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/3_Semnalizare.pdf, pag. 4-5

3.3. Semnalizarea între centrale

Într-un apel distant, centrala de destinație trebuie să cunoască identitatea abonatului chemat, precum și alte informații necesare stabilirii legăturii. Schimbul de informații între centralele implicate în conexiune constituie *semnalizarea între centrale* și în cursul evoluției rețelei telefonice au existat mai multe metode de semnalizare, dintre care în rețelele moderne se folosesc două metode de semnalizare:

a) *Semnalizarea pe canal asociat*, caracterizată prin aceea că, pentru fiecare apel, se folosește pentru transmiterea informațiilor de semnalizare *aceeași cale fizică* pe care se va transmite ulterior convorbirea, adică joncțiunea dintre centrale, conform schemei din figura 3.4.

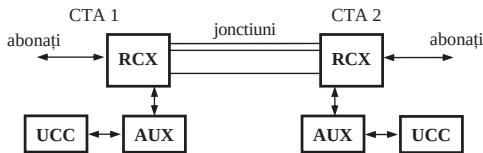


Fig. 3.4. Semnalizarea pe canal asociat.

Echipamentul care asigură semnalizarea este *echipamentul auxiliar* (a se vedea schema bloc a CTA prezentată în modulul 1), notat cu AUX în figură, și care este conectat, în faza de semnalizare, sub comanda unității de comandă și control UCC, prin intermediul rețelei de conexiune, la joncțiunea dintre CTA.

Sistemul de semnalizare pe canal asociat folosit în rețelele telefonice actuale este standardizat de ITU – T sub denumirea de *sistem de semnalizare R2*.

b) *Semnalizarea pe canal comun* sau pe *canal semafor*, care a apărut odată cu dezvoltarea comunicațiilor digitale și care este ilustrată în figura 3.5.

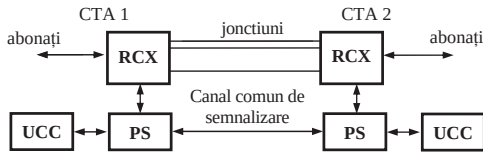


Fig. 3.5. Semnalizarea pe canal semafor.

Informația de semnalizare pentru *toate joncțiunile* dintre cele două CTA este transmisă pe *canalul comun de semnalizare* prin intermediul *punctelor semafor* PS.

Sistemul de semnalizare pe canal comun folosit în rețelele telefonice actuale este standardizat de ITU – T sub denumirea de *sistem de semnalizare ITU – T nr. 7*.

3.3.1 Semnalizarea pe canal asociat R2

Semnalizarea pe canal asociat între centrale, conform standardului R2, presupune două aspecte:

- a) *semnalizarea de linie*, care cuprinde semnalizările referitoare la *starea joncțiunilor* între centrale, precum și solicitări de *angajare* și *eliberare* a acestor joncțiuni;
- b) *semnalizarea de registru*, care cuprinde semnalizările referitoare la operațiunile de *selecție* propriu-zise a abonatului chemat și *finalizarea* legăturii.

a1) Semnalizarea de linie pe joncțiuni analogice

Semnalizarea de linie pe joncțiuni analogice se realizează cu ajutorul unui semnal sinusoidal cu frecvența 2600 Hz (semnalizare în bandă), sau 3825 Hz (semnalizare în afara benzii), care se transmite în mod continuu pe ambele sensuri de comunicație pe o joncțiune liberă.

Cererea de ocupare a unei joncțiuni pe sensul *înainte* (de la CTA de origine a apelului spre CTA de destinație) se face întrerupând transmiterea acestui semnal, iar confirmarea de angajare, pe sensul *înapoi* (de la CTA de destinație spre CTA de origine) se face oprind transmisia pe acst sens.

Tabelul 3.1. Semnalizarea de linie pe joncțiuni analogice.

		Înainte	Înapoi
1	Disponibilitate (liber)	→	←
2	Angajare	/	←
3	Confirmare angajare	/	/
4	Eliberare inversă	/	←
5	Eliberare directă	→	←/←
6	Joncțiune blocată	→	/

a2) Semnalizarea de linie pe joncțiuni digitale

Pentru joncțiuni digitale, care folosesc sistemul PCM, se utilizează pentru transmiterea semnalizării de linie intervalul temporal numărul 16. Pentru a spori posibilitatea de semnalizare, se grupează 16 cadre PCM succesive într-un multicadru de semnalizare. În calea 16 din primul cadru al multicadrului de semnalizare se transmite o informație de sincronizare de multicadru, reprezentată de 4 biți cu valoarea 0. Ceilalți 4 biți nu sunt utilizați.

Pe căile 16 din următoarele 15 cadre din multicadru de semnalizare, notate cu numerele de ordine $i = 1 \dots 15$, se transmit semnalizările de linie pentru căile telefonice i (pe primii 4 biți) și $i + 15$ (pe următorii 4 biți).

b) Semnalizarea de registru

Cea mai importantă categorie de informație care se transmite în faza de semnalizare de registru este *numărul abonatului chemat*.

Pentru codificarea informațiilor numerice (dar și nenumerice) se folosește un *cod multifrecvență* MF, care constă din transmiterea simultană a două semnale sinusoidale cu frecvențe diferite, alese dintr-un grup de 6 frecvențe („*cod 2 din 6*”).

8. Explicați pe scurt funcțiile unui circuit de interfață de abonat (funcțiile BORS(C)HT). https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/4_Interfata_de_linie_si_Unit_Cda.pdf, pag. 1

1

INTERFEȚE CU MEDIUL TELEFONIC

Centralele telefonice electronice utilizează unități de racordare, care constituie echipamente de interfață între liniile externe de abonați sau joncțiuni spre alte centrale și liniile digitale spre rețeaua de comutație digitală.

În funcție de tipul liniei se disting:

- unitățile de racordare abonați (URA), care pot fi locale (instalate în centrale) sau distante (instalate în apropierea unui grup de posturi de abonați);
- unitățile de racordare joncțiuni (URJ), care sunt interfete cu alte centrale; ele sunt totdeauna locale.

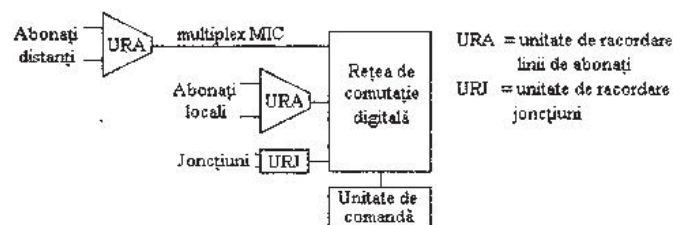


Fig. 1. Interfețele cu mediul telefonic

Rețeaua locală de distribuție și de racordare la abonați reprezintă aproape jumătate din investițiile rețelei telefonice, iar echipamentele de interfață spre abonați mai mult de jumătate din valoarea centralei. Pentru reducerea cheltuielilor cu rețeaua de abonat, este important să se reducă lungimea medie a liniei de abonat și să se mărească gradul de utilizare a liniilor de abonați. În toate centralele electronice digitale sunt prevăzute unități de interfață cu linii de abonați, care pot fi echipate local sau distant, ceea ce permite minimizarea lungimii medii a liniilor de abonați. Aceste unități realizează o concentrare de trafic (valori uzuale de concentrare 2...10), astfel încât pentru unitățile distante se asigură o utilizare eficientă a liniei digitale standard de 2 Mbit/s prin care se realizează conexiunea la centrală.

În mediul urban, abonații sunt în general situați în apropierea centralei astfel că aceste unități de racordare cu concentrarea traficului se instalează în centrale. În mediul suburban sau în localitățile mici este indicată conectarea grupelor de abonați la centrale prin unități de racordare distante, deoarece se obțin în acest fel economii importante privind rețeaua de abonați. Unitățile de racordare a abonaților pot avea diverse capacități și pot fi instalate în construcții clasice (clădiri), în containere sau cofrete exterioare.

Funcțiile realizate de unitățile de racordare depind de natura semnalelor tratate și de modul de organizare și repartitie a funcțiilor în interiorul centralei telefonice electronice.

9. Care sunt stațiile multiprocesor din structura CTAD Alcatel 1000E10B? Ce funcții îndeplinește SMA?

https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/5_CTAD.pdf, pag. 4-5

- de a recepționa, prin intermediul MAS, comenzile venite de stațiile de comandă;
- de a citi sau de a scrie memoriile de comandă ale MCX;
- de a emite răspunsuri către stațiile de comandă;
- de interfațare cu baza de timp generală.

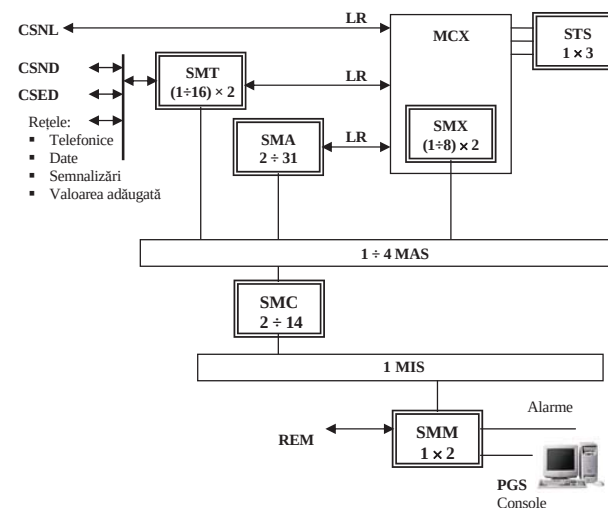


Fig. 4.3. Arhitectura hardware a OCB 283.

4.1.2. Arhitectura fizică

Din punct de vedere hardware, CTAD Alcatel este constituită din stații multiprocesor care implementează funcțiile prezentate anterior. Arhitectura hardware a OCB 283 este prezentată în figura 4.3.

SMT – stația multiprocesor de terminale PCM, implementează funcția URM și asigură interfața între centrul de comutație și fluxurile PCM care provin de la un alt centru de comutație, un CSND sau rețele cu valoarea adăugată. Stația SMT este conectată la:

- elemente externe, prin maximum 32 de legături PCM;
- matricea de conexiune;
- suportul de comunicație MAS, care asigură schimburile de informație între SMT și stațiile de comandă;
- multiplexul de alarme MAL.

SMX – stația multiprocesor de conexiune, asigură funcția COM și are rolurile:

SMC – stația multiprocesor de comandă, asigură următoarele funcții:

- MR – tratare apel;
- TR – baza de date;
- TX – taxarea comunicațiilor;
- MQ – distribuția mesajelor;
- GX – gestiunea conexiunilor;
- PC – gestiunea rețelei semafor.

STS – stația bază de timp și sincronizare, asigură funcția BT. Distribuția semnalelor de sincronizare se fac prin SMX.

SMA – stația multiprocesor pentru auxiliare, suportă funcțiile :

- ETA – gestionarea echipamentelor de tonalități și auxiliare;
- PU/PE – tratarea semnalizării ITU-T nr. 7.

SMA este conectată la:

- rețeaua de conexiune, prin 8 LR (Legături de Rețea) pe care se vehiculează semnalizări;

10. Ce tipuri de conexiuni realizează rețeaua de conexiune (lanțul central de conexiune) din CTAD Alcatel?

https://intranet.etc.upt.ro/~SCD/SCD/5_CTAD.pdf, pag. 16-17

Pentru realiza aceste coenxiuni, SMX folosește un *comutator temporal cu un singur etaj*, cu dimensiunea cuprinsă între 256×256 și 2048×2048 fluxuri PCM, în funcție de capacitatea centralei.

Partea centralei care asigură aceste conexiuni, reprezentată în figura 4.14, se numește *lanț central de conexiune*. Lanțul central de conexiune cuprinde:

- *matricea centrală de conexiune MCX*, reprezentată de stația multiprocesor de conexiune SMX și
- *blocul de selecție și amplificarea de ramură SAB*, inclus în blocurile cu care este conectat SMX, adică: CSNL, SMT și SMA.

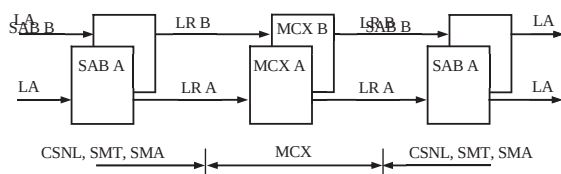


Fig. 4.14. Lanțul central de conexiune.

Din figură se observă că lanțul central de conexiune este integral dublat, fiind dublate atât blocurile componente SAB și SMX, cât și legăturile dintre ele.

Fluxurile PCM de legătură între lanțul central de conexiune și CSNL, SMT respectiv SMA se numesc *legături de acces LA*, iar conexiunile între blocul SAB și SMX se numesc *legături de rețea LR*. Atât LA cât și LR au 16 biți/cale și tactul 4096 kHz.

Elementele celor două ramuri ale lanțului central de conexiune, precum și legăturile între ele se diferențiază prin sufixul A, respectiv B. În plus, pentru fluxuri se va folosi sufixul E (entrée) pentru fluxurile de intrare, respectiv S (sortie) pentru fluxurile de ieșire.

Pentru o conexiune bidirecțională, între doi abonați Ab1 și Ab2, sunt necesare două conexiuni unidirecționale prin lanțul central de conexiune astfel:

- o conexiune de la abonatul Ab1 spre abonatul Ab2,
- o conexiune de la abonatul Ab2 spre abonatul Ab1.

Lanțul central de conexiune asigură următoarele tipuri de legături:

- *conexiuni unidirecționale între orice cale temporală de pe orice intrare și orice cale temporală de pe orice ieșire*, numărul maxim de legături simultane fiind limitat de numărul de intrări și ieșiri existente,
- *conexiuni unidirecționale între orice cale de intrare și mai multe căi de ieșire simultan* (difuzare de mesaje sau tonalități),
- conexiuni între oricare N căi din același flux de intrare și oricare N căi din același flux de ieșire (conexiune $N \times 64$ kbit/s),
- conexiuni între SMA (funcția ETA) și căile de semnal (de ieșire sau de intrare), pentru semnalizări MF,
- difuzarea simultană spre mai multe ieșiri a tonurilor și mesajelor înregistrate

- *conexiuni semipermanente*, între căile care transportă semnalizări pe canal comun sau canal semafor și SMA.

Funcțiile îndeplinite de blocul SAB sunt ilustrate în figura 4.15. Pe partea de intrare, în lanțul central de conexiune, blocul SAB realizează următoarele funcții:

- asigură accesul fluxului de semnal de intrare dublat (cele două legături LAE – legături de acces de intrare) către oricare din cele două ramuri ale matricii centrale de conexiune MCX (A și B), cu ajutorul semnalului pilot/rezervă P/R; semnalul de intrare sosește la blocul SAB pe două căi fizice distincte (2 legături de acces de intrare LAE) de la blocurile cu care lanțul central de conexiune este conectat și oricare linie de intrare LAE poate fi aplicată simultan celor două matrici de conexiune;
- realizează calculul bitului de paritate (bitul 15); până în acest loc, fluxul LAE are 16 biți, din care 8 (biți de ordin par: 0, 2, 4,...14) cuantizează semnalul telefonic și sunt identici cu cei 8 biți din fluxul PCM standard, iar ceilalți 8 (biți impari) nu sunt încă utilizați.

Pe partea de ieșire a lanțului de conexiune, blocul SAB îndeplinește următoarele funcții:

- realizează verificarea parității semnalului după comutare prin MCX;
- realizează compararea bit cu bit a celor două semnale de ieșire din MCX A și MCX B, luând decizia privind ramura MCX folosită și semnalizând acest lucru prin semnalul de disponibilitate asociat legăturii LAS de ieșire.

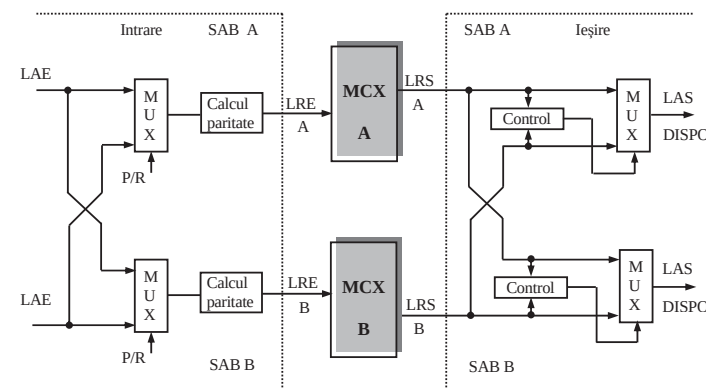


Fig. 4.15. Lanțul central de conexiune.

În plus, blocul SAB mai îndeplinește și următoarele funcții (nereprezentate în figură):

- adaptarea 8/16 biți pe cale pentru legăturile de la/spre CSNL,
- interfața și distribuția semnalelor de timp de la stația de timp și sincronizare STS către unitățile de racord.

Pentru controlul comutației prin MCX se folosesc 3 biți din cei 8 suplimentari astfel:

- bitul 13 este 0 logic în funcționare normală, iar în acest regim bitul 14 indică lanțul central de conexiune care este ramura MCX activă; valoarea logică 1 a bitului 13 are

TRANSMISII TELEFONICE

ANUL 3, SEMESTRUL 6

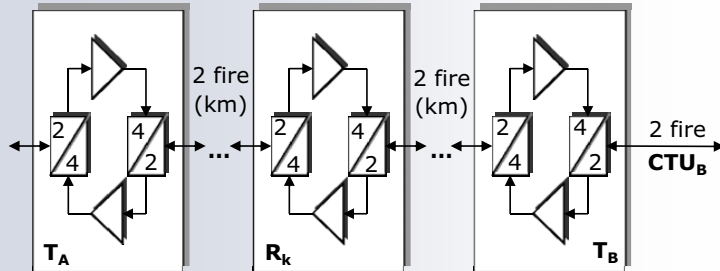
1. Transmisia pe 2 fire – principiu, condiții de stabilitate

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/1_2_INTRODUCERE.pdf, 12-14,

[1] cap. 1.5 pag. 19-20

1/2

Principiul transmisiei pe 2 fire 1



- Transmisia – pe 2 fire
- Amplificarea (pe 2 sensuri) – pe 4 fire
⇒ trecerea de la 2 fire la 4 fire – în **fiecare repetor**

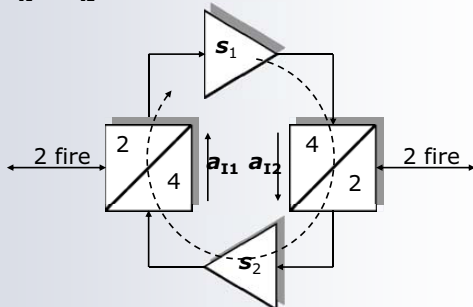
Principiul transmisiei pe 2 fire 2

CARACTERISTICILE TRANSMISIEI PE 2 FIRE

1. consum mic de **linie**
⇒ costul liniei - redus
2. structura **repetoarelor** – complexă
⇒ costul echipamentului de linie – ridicat
3. **stabilitatea** sistemului – multe bucle de reacție posibile
⇒ complicat de asigurat
 - în fiecare buclă
 - suma câștigurilor < suma atenuărilor

Principiul transmisiei pe 2 fire 3

STABILITATEA REPETORULUI PE 2 FIRE

$$S_1 + S_2 < a_{11} + a_{12}$$


1. Transmisia pe 2 fire – principiu, condiții de stabilitate

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/1_2_INTRODUCERE.pdf, 12-14,

[1] cap. 1.5pag. 19-20

2/2

Capitolul 1 Noțiuni de bază în transmisia telefonică

- Câte porți are un circuit 2F / 4F ? Ce atenuări prezintă pe sensurile posibile ?
- Care este condiția de stabilitate în buclă ?
- Cum se asigură stabilitatea sistemului pe 4 fire ?



1.5. Transmisia pe 2 fire

Într-un sistem de transmisie pe 2 fire, fiecare sens de transmisie dispune doar de repetitoare (terminale și intermediare) proprii. Linia de transmisie este utilizată în comun, pe toată lungimea transmisiei, de cele două sensuri ale comunicației.

În aceste condiții, cele două sensuri ale legăturii telefonice trebuie separate în fiecare repetor (terminal și intermediar), conform schemei de principiu din fig. 1.6.

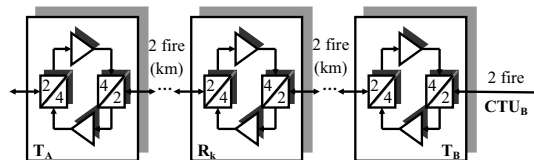


Fig. 1.6. Sistem de transmisie pe 2 fire.

- Un sistem de transmisie pe 2 fire se caracterizează prin:
- repetitoare (R_k) și terminale (T_A , T_B) **complexe**, ce conțin, pe lângă amplificatoarele necesare refacerii semnalelor pe fiecare sens, câte 2 circuite de trecere de la 2 fire la 4 fire,
 - **consum** redus de linie de transmisie (fiind pe 2 fire).

Avantajele și dezavantajele evidențiază faptul că, din punct de vedere economic, soluția este **comparabilă** cu cea pe 4 fire, ambele fiind utilizate, opțiunea pentru una sau alta fiind determinată de criterii suplimentare.

Principala deosebire este dată de condițiile de stabilitate ale sistemului. În **fiecare repetor** (terminal și intermediar) se formează câte o **bucă**, conform reprezentării din fig. 1.7.

Capitolul 1 Noțiuni de bază în transmisia telefonică

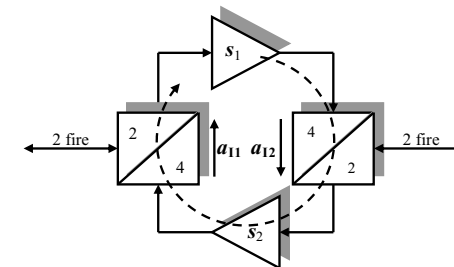


Fig. 1.7. Studiul stabilității unui repetor pe 2 fire.

Bucă conține 2 amplificări, s_1 și s_2 , și 2 atenuări, a_{11} și a_{12} , pe sensurile interzise ale circuitelor 2F / 4F. Pentru stabilitatea buclei, în fiecare repetor, trebuie îndeplinită condiția:

$$a_{11} + a_{12} > s_1 + s_2. \quad (1.8)$$

Pentru k repetitoare intermediare, conform exemplului din fig. 1.6, rezultă $k + 2$ condiții de îndeplinit. **Fiecare repetor** trebuie reglat, prin reducerea uneia din amplificări, astfel ca nici unul să nu oscileze. În cazul apariției instabilității, intervenția nu poate fi efectuată din terminal, ci trebuie identificat și reglat repetorul, în poziția geografică în care se află.

În plus, **orice grup de repetitoare consecutive**, cu 2, 3, ..., $k + 1$ repetitoare, formează câte o buclă a cărei stabilitate trebuie asigurată. Se poate demonstra că un grup de repetitoare poate oscila, chiar dacă fiecare repetor, individual, este stabil.

În **concluzie**, asigurarea stabilității sistemelor de transmisie pe 2 fire este mai sensibilă decât a celor pe 4 fire.



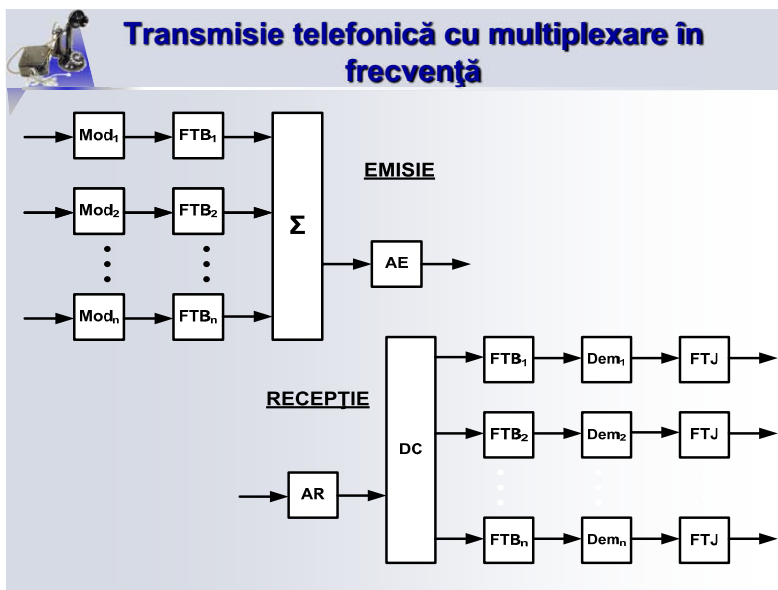
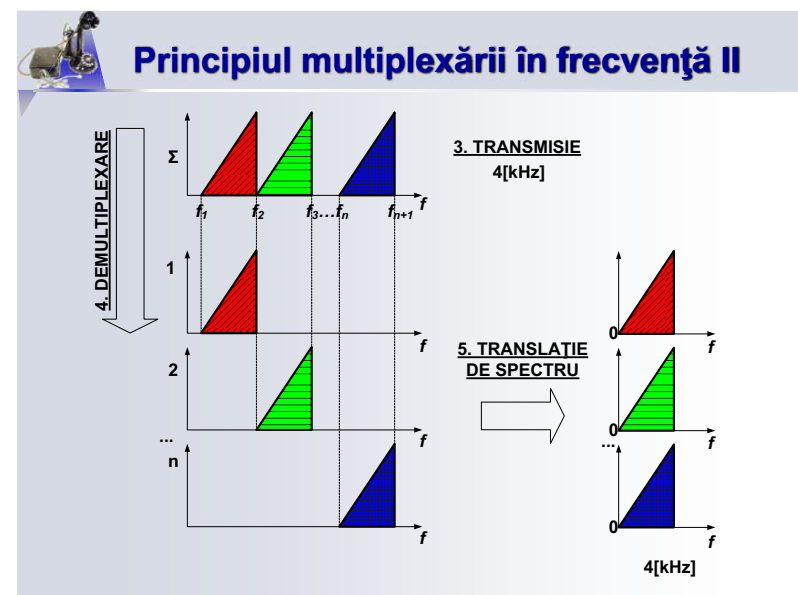
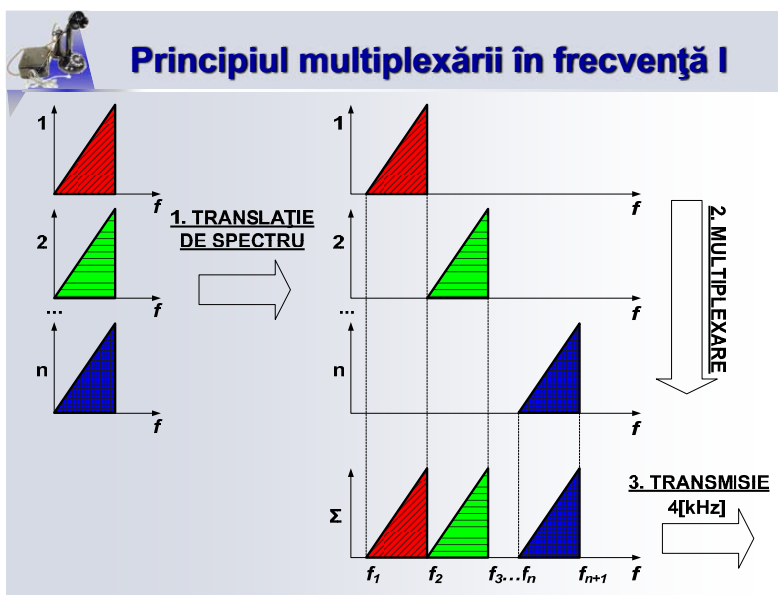
- Comparați caracteristicile sistemelor 2 fire și 4 fire.
- Scrieți condițiile de stabilitate pentru un sistem de transmisie pe 2 fire, fără repetitoare intermediare.
- Calculați numărul condițiilor de stabilitate pentru $k=8$.

2. Multiplexarea în frecvență – principiu și schema bloc

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/2_RC_MULTIPLEXAREA%20IN%20FRECVENT.pdf, 1, 2, 3

[1] cap. 2.1 pag. 26-27

1/2



2. Multiplexarea în frecvență – principiu și schema bloc

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/2_RC_MULTIPLEXAREA%20IN%20FRECVENT.pdf,1,2,3

[1] cap. 2.1 pag. 26-27

2/2

Capitolul 2 Transmisia cu multiplexare în frecvență

2. TRANSMISIA CU MULTIPLEXARE ÎN FRECVENȚĂ

Subiecte

- 2.1. Principiul transmisiei cu multiplexare în frecvență
- 2.2. Translația de frecvență
- 2.3. Multiplexarea și demultiplexarea
- 2.4. Filtrarea căilor
- 2.5. Grupurile primare de bază
- 2.6. Formarea unui grup primar
- 2.7. Ierarhia transmisiei cu multiplexare în frecvență

Evaluare: 1. Răspunsuri la întrebările și problemele finale
2. Discuție pe tema: "Structura, parametrii și formarea grupului primar B"

2.1. Principiul transmisiei cu multiplexare în frecvență

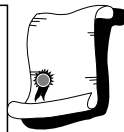
În cazul transmisiei telefonice la distanțe mari (interurbane), un număr important de legături telefonice simultane se stabilesc pe un anumit **traseu comun**. Este posibil, în acest caz, ca mai multe căi telefonice să fie transmise pe un **același suport** (cablu metalic, canal radio etc.).

Cum o cale telefonică ocupă o bandă de frecvență îngustă (0,3 ± 3,4 kHz), iar canalele de comunicație asigură benzi de frecvență de ordinul sutelor de kilohertzi sau megahertzi, pentru **utilizarea cât mai eficientă** a suportului de transmisie, este necesară transmiterea unui număr mare de căi telefonice pe același canal.

Tehnica, numită **multiplexare**, poate fi realizată printr-una din următoarele metode:

- multiplexarea în frecvență sau
- multiplexarea în timp (cap. 4).

În acest capitol vom analiza tehnica multiplexării în frecvență, specifică **telefoniei analogice**.



Capitolul 2 Transmisia cu multiplexare în frecvență

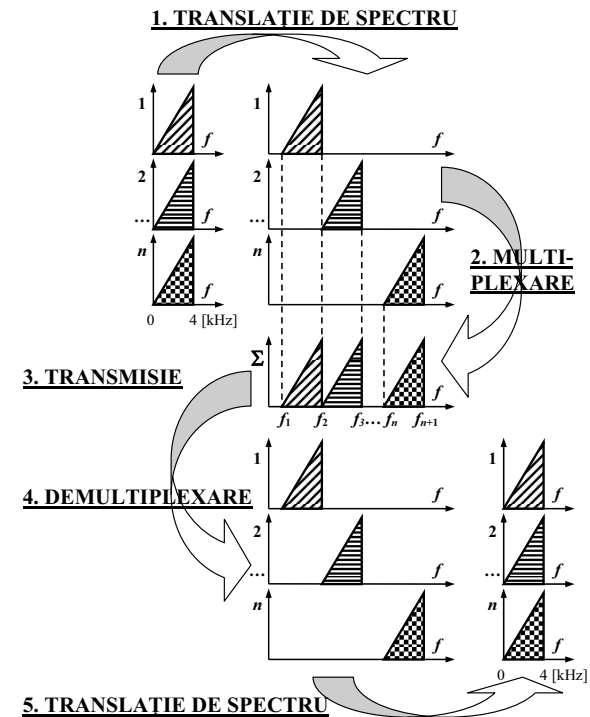


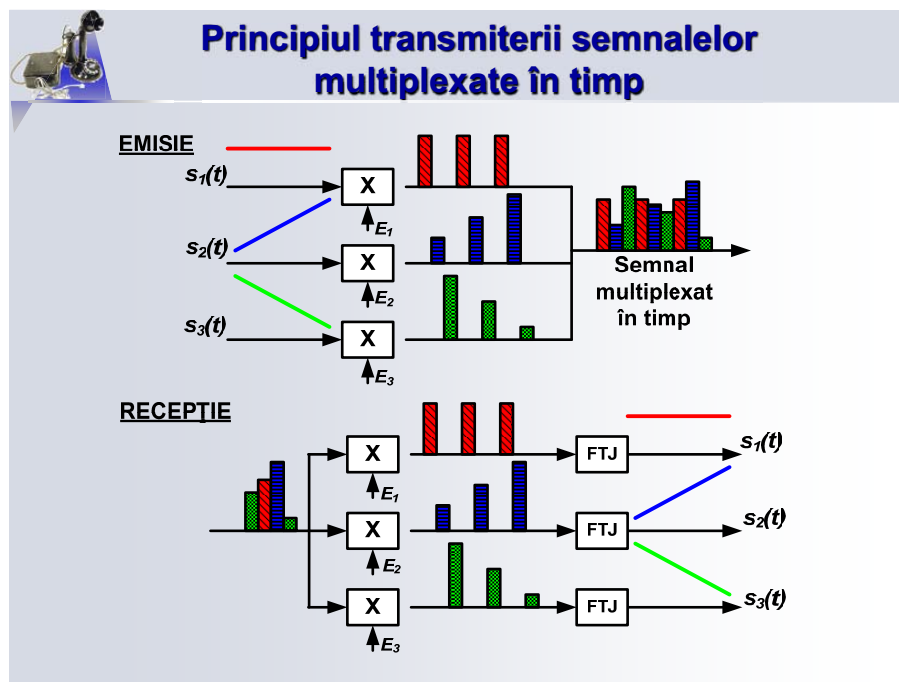
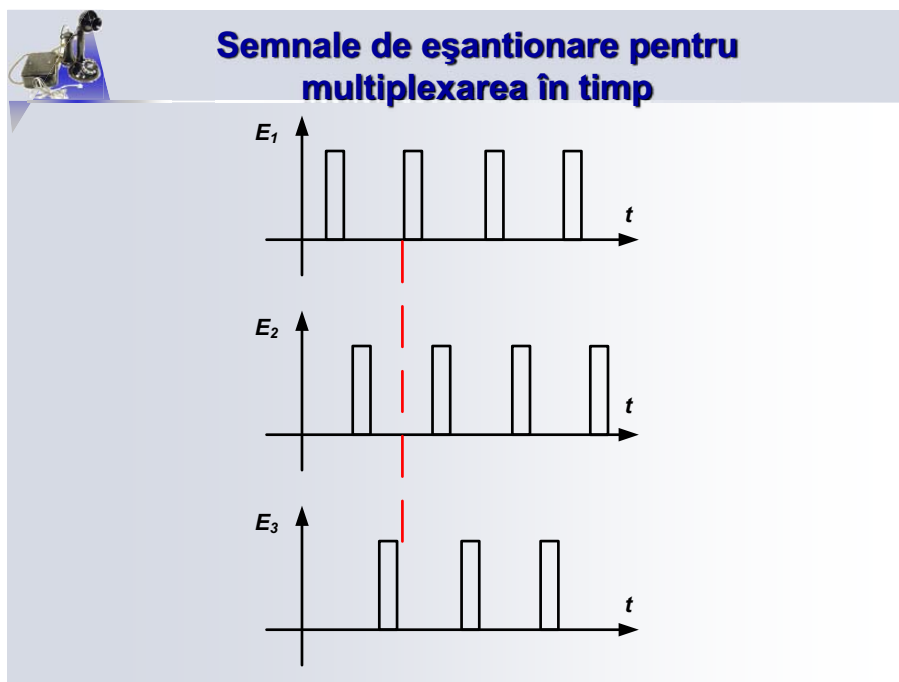
Fig. 2.1. Principiul multiplexării în frecvență.

3. Multiplexarea în timp – principiu și schema bloc

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCII.pdf, 4-5

[1] cap. 3.3 pag. 49-51

1/3



3. Multiplexarea în timp – principiu și schema bloc

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCII.pdf, 4-5

[1] cap. 3.3 pag. 49-51

2/3

Capitolul 3 Discretizarea semnalului vocal

3.3. Multiplexarea în timp

Transmiterea unui semnal prin eșantioanele sale nu ocupă complet (în timp) canalul de comunicație. Se observă, în fig. 3.1, că:

$$\tau \ll T_E (= 1/f_E = 125 \mu s), \quad (3.6)$$

Capitolul 3 Discretizarea semnalului vocal

adică majoritatea timpului canalul este **liber**, ceea ce permite transmiterea, între eșantioanele semnalului analizat, și a altor eșantioane, ale altor semnale.

Prin transmiterea simultană a mai multor semnale eșantionate prin același canal de comunicație, se realizează **multiplexarea în timp**. Este de observat că multiplexarea în timp se poate realiza cu semnale MIA, cuantizarea semnalului nefiind o condiție necesară.

Multiplexarea în timp a impulsurilor MIA presupune *intercalarea* lor pentru transmisia pe un canal comun. Aceasta impune eșantionarea semnalelor de transmis în momente de timp diferite:

- pentru a nu se suprapune eșantioanele a două semnale diferite,
- pentru a “umple” complet intervalul liber dintre eșantioanele succesive ale aceluiași semnal.

Pentru un sistem multiplex cu n căi trebuie să generăm n semnale de eșantionare, $E_1, E_2, \dots, E_n$, cu **faza impulsurilor decalată** astfel ca să se asigure cele două condiții de mai sus. Fig. 3.3 prezintă diagramele de timp ale semnalelor de eșantionare pentru realizarea unui semnal multiplex cu 3 căi.

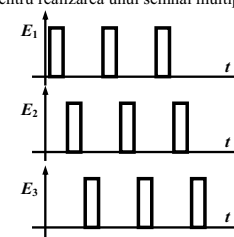


Fig.3.3. Semnale de eșantionare pentru multiplexarea în timp

Prin utilizarea semnalelor de eșantionare E_1, E_2 și E_3 pentru eșantionarea semnalelor de transmis $S_1(t)$, $S_2(t)$ și, respectiv, $S_3(t)$, eșantioanele acestora pot fi transmise intercalate în timp pentru formarea **semnalului multiplex**.

3. Multiplexarea în timp – principiu și schema bloc

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCII.pdf, 4-5

[1] cap. 3.3 pag. 49-51

3/3

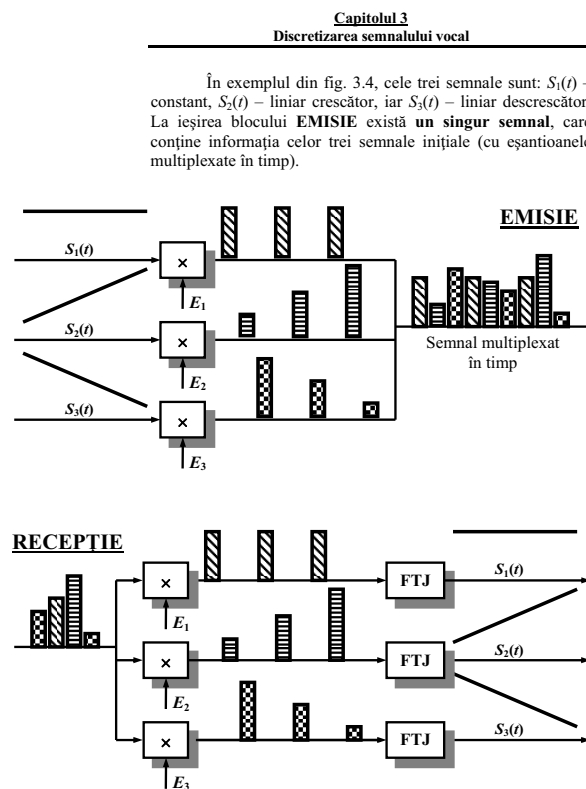


Fig.3.4. Principiul transmiterii semnalelor multiplexate în timp.

Capitolul 3
Discretizarea semnalului vocal

Problema interpretării semnalului apare la **RECEPȚIE**. Aici, fiecare cale trebuie să-și extragă, din fluxul continuu de eșantioane, doar eșantioanele proprii. Operația poate fi realizată prin utilizarea **acelorași** semnale de eșantionare, cu faza decalată identic cu cea de la emisie. Aceasta presupune ca cele două seturi de semnale de eșantionare (la emisie și la recepție) să fie identice. Se evidențiază astfel necesitatea transmiterii, pe lângă semnalele utile, a unor **semnale de sincronizare** a recepției cu emisia.

Pentru refacerea fiecărui semnal din eșantioanele transmise se utilizează **filtrele trece jos FTJ**, care extrag banda originală din spectrul infinit al eșantioanelor transmise. Semnalele astfel obținute sunt identice cu cele de la emisie pentru că eșantionarea nu introduce erori de principiu.

În telefonie numerică, se multiplexează în timp **30 de căi telefonice** pe un canal de transmisie (valoarea corespunde multiplexului primar european), ceea ce evidențiază gradul de creștere a eficienței canalului de comunicație.

- De ce sunt necesare semnale de eșantionare diferite la transmiterea semnalelor prin multiplexare în timp ?
- Care este condiția demultiplexării corecte la recepție ?
- Care este rolul filtrelor trece jos la recepție ? Care este frecvența de tăiere ?



4. Parametrii discretizării semnalului vocal de telefonie – banda de frecvență, frecvența de eșantionare, numărul de biți/eșantion, debit

[1] cap. 1.2 pag. 12, cap. 3.7 pag. 61

1/1

Capitolul 1 Noțiuni de bază în transmisia telefonică

1.2. Semnalul telefonic

Semnalul telefonic se adresează auzului uman, caracterizat printr-o bandă de sensibilitate de $20 \div 20\,000$ Hz. Transmiterea acestei benzi de frecvență ar necesita un canal de comunicație de capacitate mare, motiv pentru care trebuie analizată eficiența unei astfel de transmisii:

- o înregistrare muzicală de foarte bună calitate (format numeric, pe CD, DAT sau MiniDisc) acoperă integral această bandă de frecvență, deci până la 20 kHz,
- o transmisie muzicală de bună calitate (format analogic, la radio MF sau TV) este limitată la 15 kHz,
- o înregistrare muzicală de calitate medie (magnetofon, magnetoscop pentru amatori) poate fi limitată la $8 \div 12$ kHz,
- o transmisie de voce, dar și muzică de calitate acceptabilă (radio MA) este limitată la 4,5 kHz.

În aceste condiții, se definesc **necesitățile** semnalului telefonic:

- transmisie de **voce** (nu semnal muzical),
- **inteligibilitatea** comunicației,
- **recunoașterea** vocii interlocutorului.

Aceste condiții impun transmisia fundamentalei și a câtorva armonici, suficiente pentru a identifica spectrul (timbrul) vocii.

Valoarea **standardizată** a benzii de frecvență a semnalului telefonic, atât în telefonia analogică, cu multiplexare în frecvență, cât și în telefonia numerică, cu multiplexare în timp, este **300 ÷ 3400 Hz**.

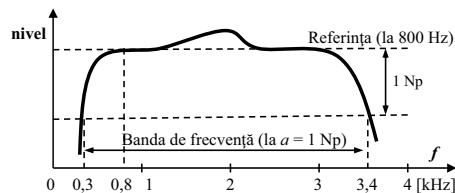


Fig. 1.2. Definirea benzii de frecvență a semnalului telefonic.

Capitolul 3 Discretizarea semnalului vocal

În **concluzie**, în telefonia numerică, cu multiplexare în timp, se folosesc semnale numite MIC (cu *modulația impulsurilor în cod*) sau PCM (*Pulse Code Modulation*), obținute prin:

- eșantionare cu $f_E = 8$ kHz,
- cuantizare (echivalentă) pe 12 biți,
- compresie logaritmică pe $n = 8$ biți.

În aceste condiții, **debitul unei căi vocale numerice** rezultă:

$$D = f_E \times n = 8 \cdot 10^3 \times 8 = 64 \text{ kbiți/s.} \quad (3.8)$$

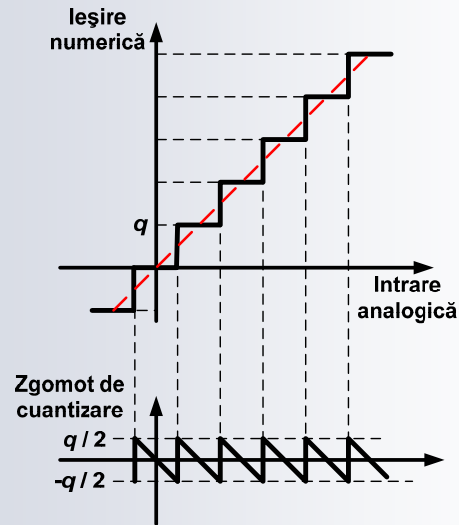
- Calculați panta segmentului 7. Care este dimensiunea treptei pe acest segment ?
- Repetați operația pentru segmentul 0. Care este raportul treptelor de cuantizare ?
- Calculați raportul semnal / zgomot de cuantizare pentru cele două segmente.



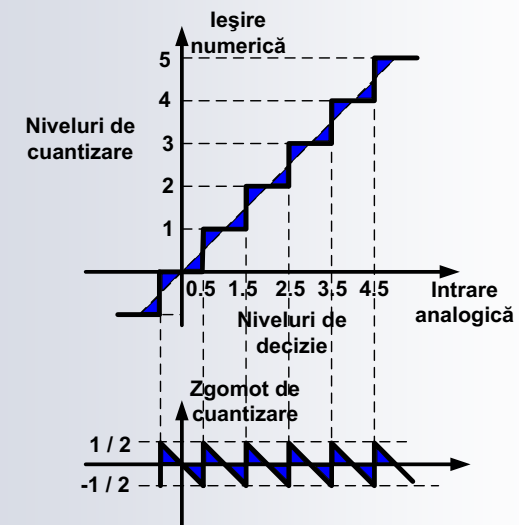
5. Cuantizarea semnalului vocal – cuantizarea uniformă și cuantizarea neuniformă
https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCIL.pdf, 7-10
 [1] cap. 3.4, 3.5, pag. 52-55

1/3

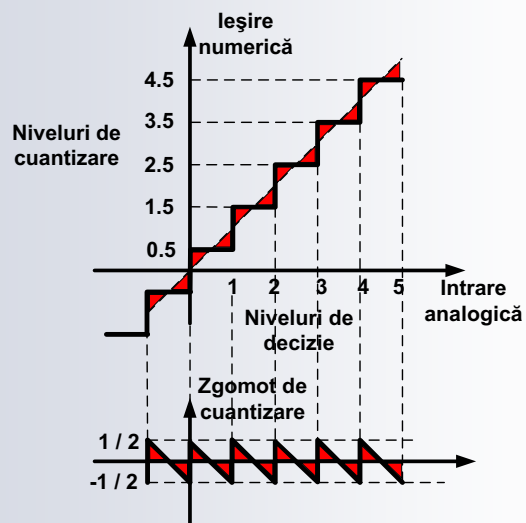
Caractristica de cuantizare uniformă
Zgomot de cuantizare



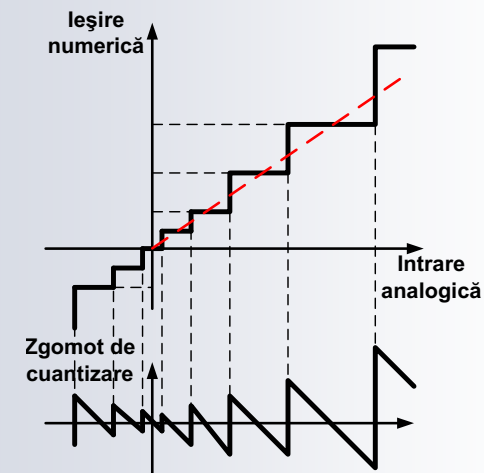
Cuantizare uniformă
Zgomot de cuantizare



Cuantizare uniformă
Zgomot de cuantizare



Caracteristica de cuantizare neuniformă
Zgomot de cuantizare



5. Cuantizarea semnalului vocal – cuantizarea uniformă și cuantizarea neuniformă

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCIL.pdf, 7-10

[1] cap. 3.4, 3.5, pag. 52-55

2/3

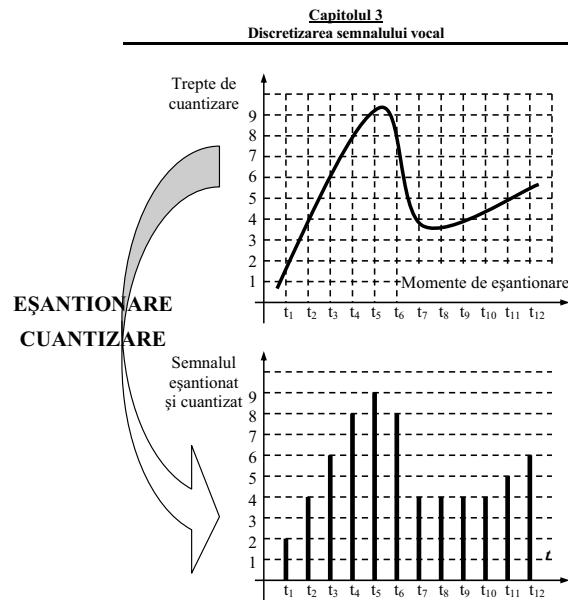


Fig.3.5. Principiul discretizării semnalelor.

În cazul cuantizării uniforme (sau liniare) intervalele de cuantizare sunt egale, independent de nivelul semnalului. Din analiza diagramei **eroii de cuantizare**, reprezentată în fig. 3.6, se pot trage următoarele concluzii:

- în cadrul fiecărui interval există o singură valoare cu eroare nulă (mijlocul intervalului analogic), pentru toate celelalte valori existând o eroare (pozitivă sau negativă) de **maximum o jumătate de treaptă** de cuantizare, $q/2$;

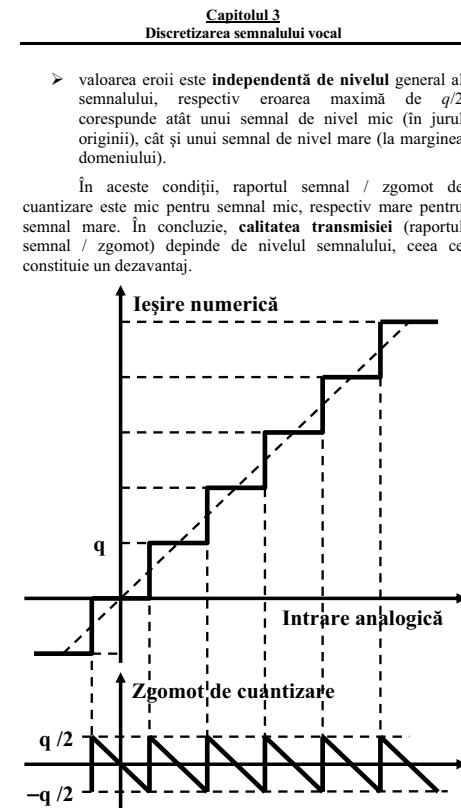


Fig.3.6. Caracteristica de cuantizare uniformă și zgomotul de cuantizare.

5. Cuantizarea semnalului vocal – cuantizarea uniformă și cuantizarea neuniformă

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCII.pdf, 7-10

[1] cap. 3.4, 3.5, pag. 52-55

3/3

Capitolul 3 Discretizarea semnalului vocal

În cazul transmiterii unui **semnal audio**, trebuie ținut seama de **dinamica mare** a acestuia (raportul dintre cel mai puternic sunet transmis și cel mai slab sunet perceput), care impune cuantizarea pe un număr mare de trepte (16 biți pentru muzică). Pentru **semnalul telefonic** se acceptă **12 biți**, respectiv $2^{12} = 4096$ de trepte de cuantizare.

Este de remarcat faptul că ceea ce se transmite sunt niște numere, care aproximează nivelul fiecărui eșantion. La recepție, aceste numere sunt convertite în semnal analogic, care este afectat de aceste erori și, deci, nu mai este identic cu cel de la emisie. De aceea se pune problema reducerii **erorii relative** de cuantizare (raportul semnal / zgomot de cuantizare), prin utilizarea unei alte caracteristici de cuantizare.



- Care sunt dezavantajele cuantizării uniforme ?
- Care este numărul de trepte de cuantizare pentru un semnal reprezentat pe 16 biți ?
- Ce este zgomotul de cuantizare ?

3.5. Cuantizarea neuniformă

Cuantizarea neuniformă își propune realizarea unui raport **semnal / zgomot de cuantizare constant**, independent de nivelul semnalului de transmis. Aceasta conduce la o calitate constantă a transmisiei, evidențiind avantajul cuantizării neuniforme față de cea uniformă.

În acest scop, semnalul de nivel mic trebuie cuantizat cu o **treaptă mai fină**, iar semnalul de nivel mare poate fi cuantizat cu o **treaptă mai brută**. Caracteristica de cuantizare, reprezentată în fig. 3.7, evidențiază pașii de cuantizare inegali, ceea ce conduce la o eroare de cuantizare variabilă cu nivelul semnalului.

În comparație cu cuantizarea uniformă, cuantizarea neuniformă prezintă

- avantajul unei **calități** a transmisiei independentă de nivelul semnalului,
- păstrând **domeniul** acestuia (analog sau numeric).

Capitolul 3 Discretizarea semnalului vocal

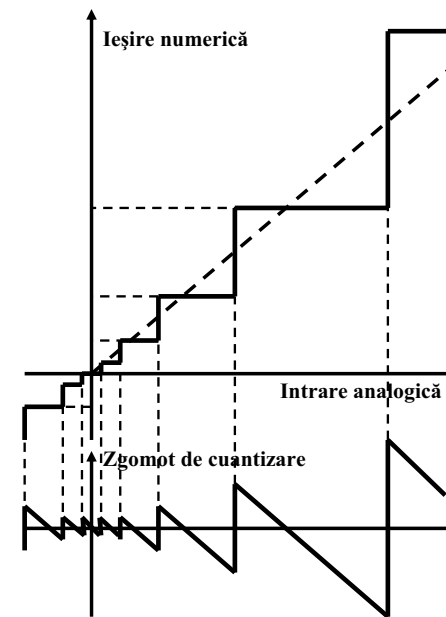


Fig. 3.7. Caracteristica de cuantizare neuniformă și zgomotul de cuantizare.

- Comparați numărul treptelor la cuantizarea uniformă, respectiv, neuniformă, păstrând domeniul și rezoluția (treapta minimă).

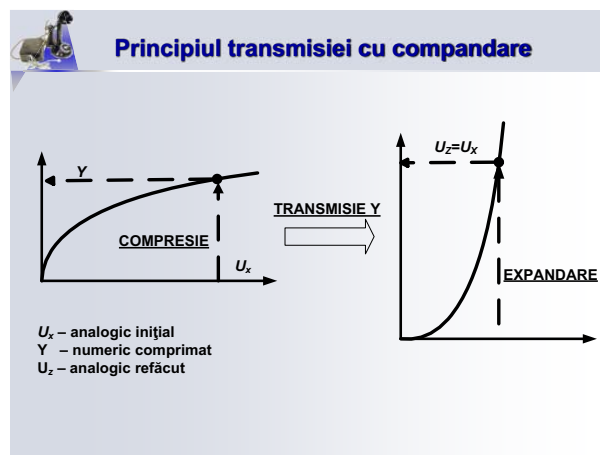
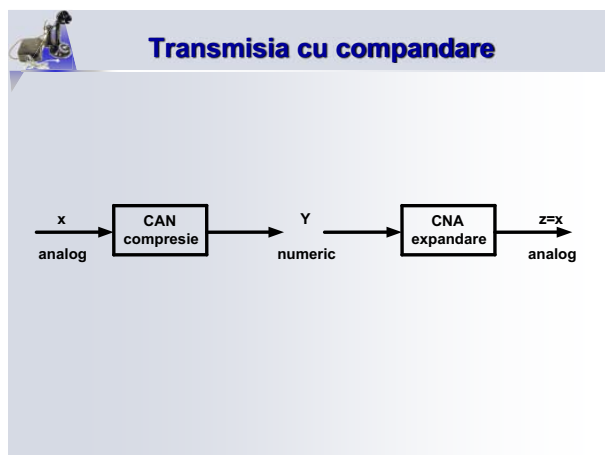
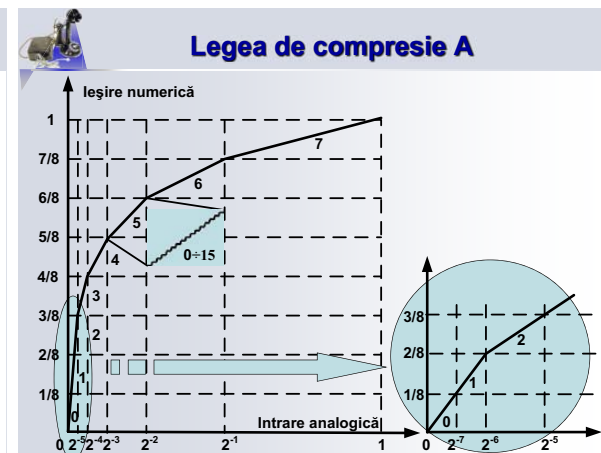
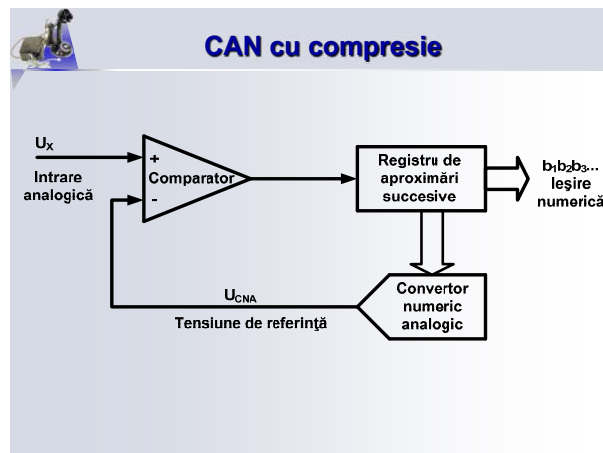
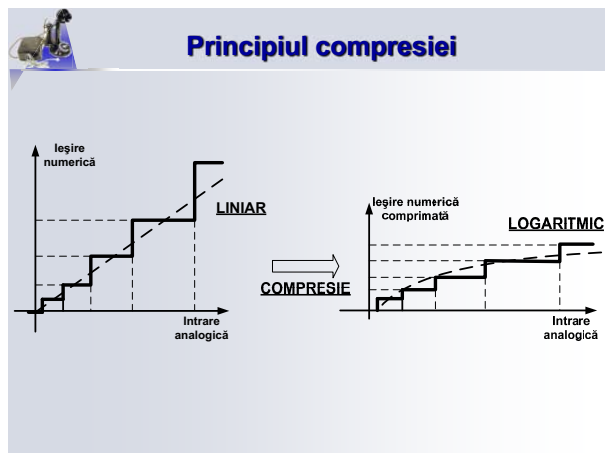


6. Legea de compresie A – principiul compresiei, aproximarea prin segmente de dreaptă a caracteristicii de compresie, semnificația biților din semnalul comprimat, noțiunea de compandare

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCII.pdf, 11-15

[1] cap. 3.6, 3.7 pag. 56-60

1/4



6. Legea de compresie A – principiul compresiei, aproximarea prin segmente de dreaptă a caracteristicii de compresie, semnificația biților din semnalul comprimat, noțiunea de compandare

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCII.pdf, 11-15

[1] cap. 3.6, 3.7 pag. 56-60

2/4

Capitolul 3 Discretizarea semnalului vocal

3.6. Compandarea

Cuantizarea neuniformă mai poate câștiga un important avantaj prin realizarea **compresiei semnalului** de transmis. Această operație pornește de la următoarea observație simplă referitoare la caracteristica de cuantizare din fig. 3.7:

- pe **axa orizontală** este reprezentat semnalul analogic, cu variație continuă, discretizat prin puncte (numite niveluri de decizie) distribuite **neuniform**;
- pe **axa verticală** sunt reprezentate numerele obținute în urma cuantizării (numite niveluri de cuantizare) distribuite tot **neuniform**;

și se bazează pe următoarele concluzii:

- dacă **unele niveluri de cuantizare** (4096 din cuantizarea uniformă) nu se transmit la cuantizarea neuniformă, acestea **pot fi eliminate** (ca numerotare);
- nivelurile de cuantizare folosite (256 în telefonia numerică) pot fi **distribuite uniform**;
- aceasta echivalează cu o operație elementară de **renumerotare** a treptelor.

Principiul compresiei prin eliminarea treptelor nefolosite la cuantizarea neuniformă (majoritatea treptelor) este prezentat în fig. 3.8. Tehnica compresiei prezintă **avantajele**:

- utilizează caracteristica de raport semnal / zgomot de cuantizare **constant** (independent de nivel) a cuantizării neuniforme,
- reduce domeniul semnalului, ceea ce în formă numerică înseamnă mai puțini biți pentru fiecare eșantion, adică o **reducere a debitului de informație**.

Acest ultim avantaj este important pentru utilizarea **eficientă a canalelor** de comunicație, permițând transmisia, printr-un canal dat (cu o bandă de trecere dată), a mai multe căi telefonice numerice.

Caracteristica de compresie conduce la o deformare a semnalului inițial, prin **amplificarea nivelurilor mici** și prin

Capitolul 3 Discretizarea semnalului vocal

atenuarea nivelurilor mari. Semnalul deformat poate fi transmis, în format numeric, beneficiind de avantajele prezentate.

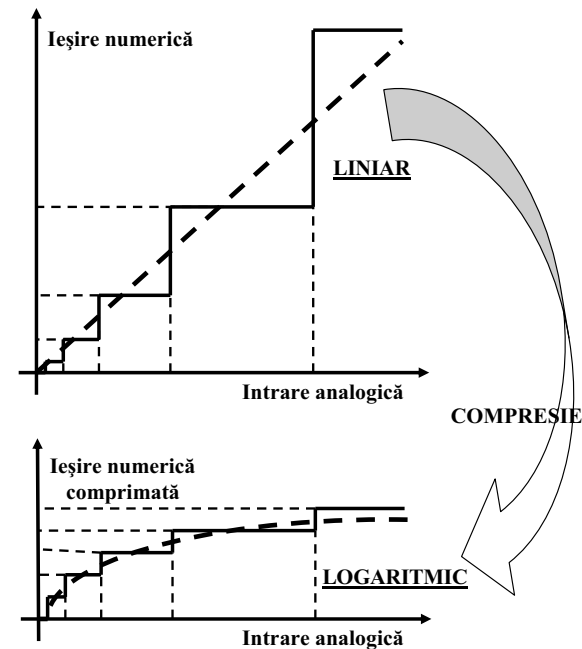


Fig. 3.8. Principiul compresiei.

6. Legea de compresie A – principiul compresiei, aproximarea prin segmente de dreaptă a caracteristicii de compresie, semnificația biților din semnalul comprimat, noțiunea de compandare

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCII.pdf, 11-15

[1] cap. 3.6, 3.7 pag. 56-60

3/4

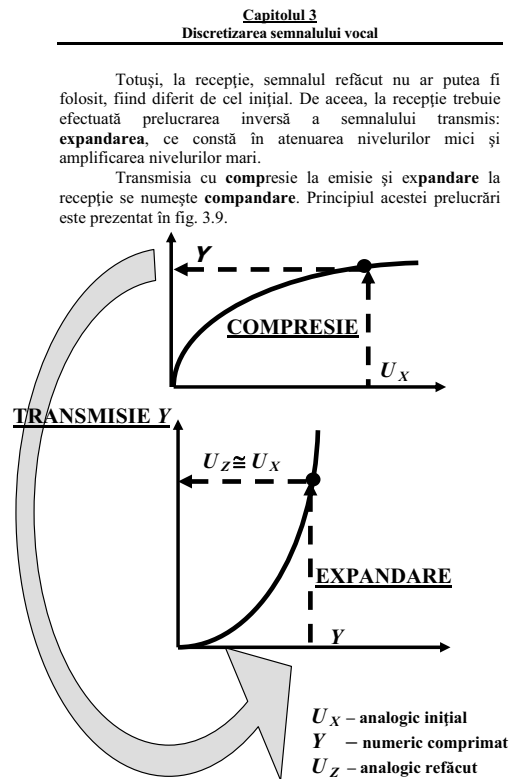


Fig. 3.9. Principiul transmisiei cu compandare.

Capitolul 3
Discretizarea semnalului vocal

- Pe ce tip de cuantizare se bazează compresia semnalului ?
- Care sunt avantajele compresiei logaritmice ?
- Ce operații presupune compandarea ?



3.7. Legea de compresie A

Pentru utilizare într-o rețea publică, prelucrarea semnalului trebuie să respecte aceleași reguli în toate echipamentele care o compun. Din acest motiv, compandarea este **standardizată**:

- legea de compandare A, utilizată în Europa,
- legea de compandare μ , utilizată în S.U.A., Japonia.

Legea A, ca funcție $y(x)$, este definită prin relații matematice. În practică se utilizează, însă, o **aproximare** a legii A, compatibilă cu sistemele numerice de prelucrare și transmisie. Astfel, curba logaritmică este aproximată prin 8 segmente de dreaptă, inegale, iar fiecare segment (liniar) este format din 16 intervale egale. Alura legii de compresie A aproximată prin segmente este prezentată în fig. 3.10.

Este de remarcat că semnalele transmise sunt de ambele polarități, motiv pentru care și legea A conține două cadrane: cadrantul 1 pentru alternanța pozitivă, respectiv cadrantul 3 (simetric cu primul, dar nefigurat) pentru alternanța negativă.

Pe **axa x** este reprezentat semnalul de intrare (tensiune) analogic, necomprimat.

- Nivelurile de definire a segmentelor de dreaptă sunt date de puteri ale lui 2, corespunzătoare cuantizării neuniforme. Rezultă **8 segmente**, numerotate de la 0 la 7, ce pot fi reprezentate pe 3 biți: $I_1 I_2 I_3$.
- Fiecare segment conține **16 trepte** egale (în cadrul aceluiași segment), conform detaliului mărit din fig. 3.10, corespunzătoare cuantizării uniforme. Cele 16 trepte sunt numerotate de la 0 la 15 și pot fi reprezentate pe 4 biți: $v_1 v_2 v_3 v_4$.

6. Legea de compresie A – principiul compresiei, aproximarea prin segmente de dreaptă a caracteristicii de compresie, semnificația biților din semnalul comprimat, noțiunea de compandare
https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/3_RC_DISCRETIZAREA%20VOCII.pdf, 11-15
 [1] cap. 3.6, 3.7 pag. 56-60

4/4

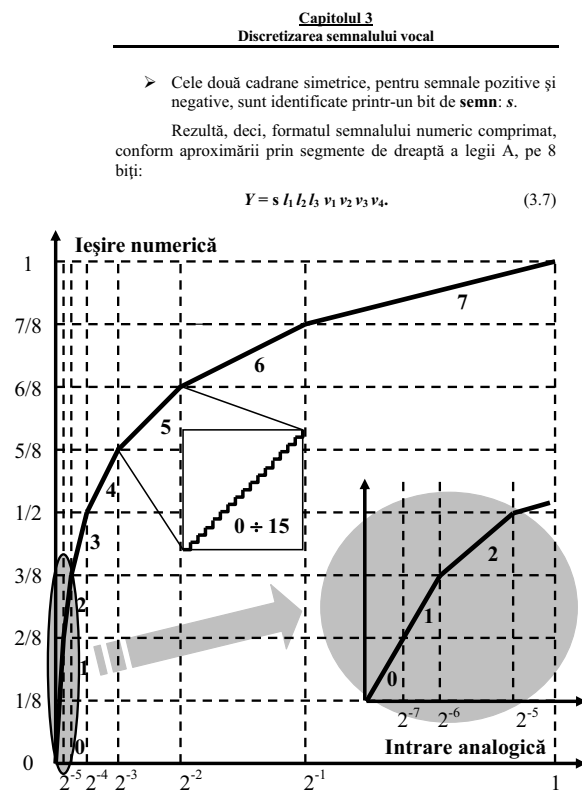
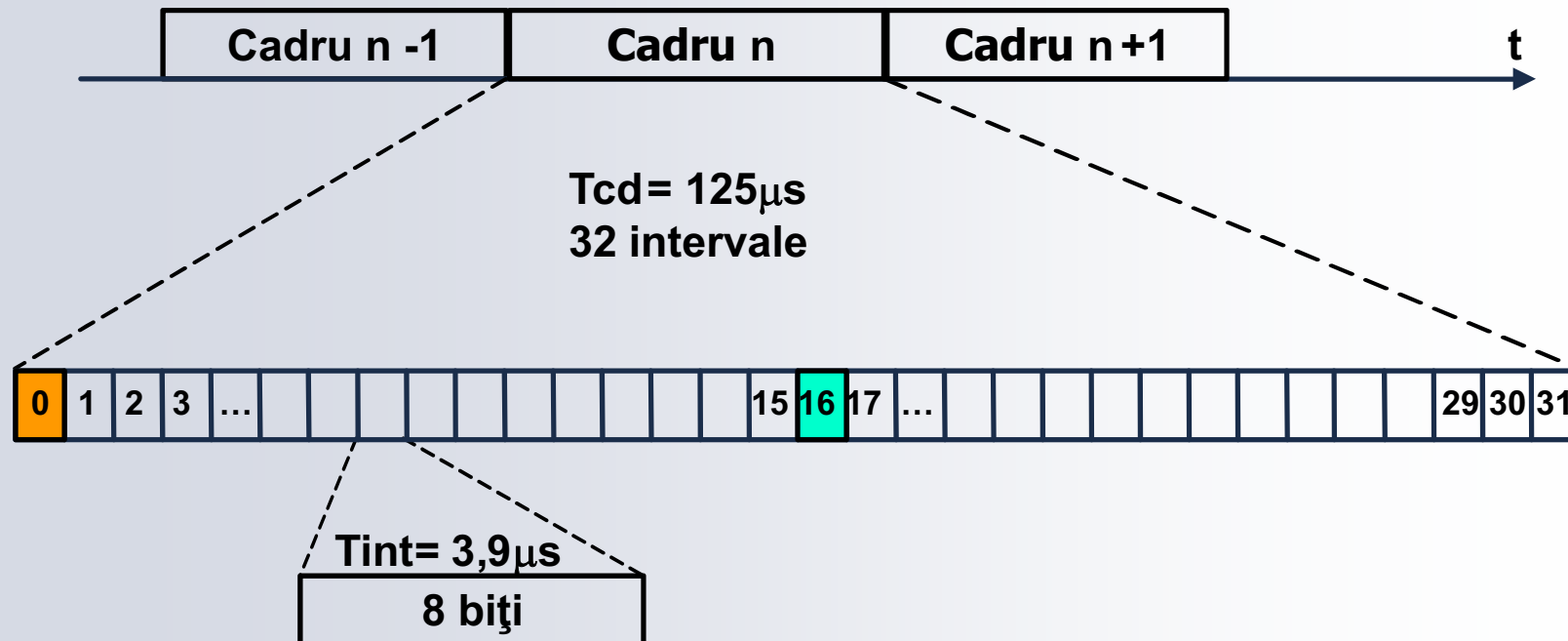


Fig. 3.10. Aproximarea prin segmente de dreaptă a legii de compresie A.



Structura cadrului primar PCM



7. Structura (numărul de biți și de intervale temporale) și parametrii (durate, frecvențe, debite) cadrului PCM european

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/4_RC_MULTIPLEXAREA%20IN%20TIMP.pdf, 3

[1] cap. 4.3 pag. 67

2/2

Capitolul 4 Transmisia numerică PCM

4.3. Cadru primar PCM

Fluxul de date este organizat, în timp, în **cadre**. Un cadru conține câte un eșantion (un octet) din fiecare semnal multiplexat, având, deci, frecvența:

$$f_{CD} = f_E = 8 \text{ kHz}, \quad (4.1)$$

respectiv o durată $t_{CD} = 125 \mu\text{s}$.

Cadru primar PCM, reprezentat în fig. 4.2 (cu detalii la scări extinse de timp) conține 32 de intervale, fiecare cu durată:

$$t_{INT} = \frac{t_{CD}}{32} = \frac{125}{32} = 3,9 \mu\text{s}, \quad (4.2)$$

numerotate de la 0 la 31:

- 0 - codul pentru **sincronizarea** cadrului,
- 1 ÷ 15 - căile telefonice numerotate de la 1 la 15,
- 16 - **semnalizările** pentru căile de la 1 la 30,
- 17 ÷ 31 - căile telefonice numerotate de la 16 la 30.

Debitul multiplexului primar PCM rezultă :

$$D = 8 \text{ kHz} \times 32 \text{ intervale} \times 8 \text{ biți} = \mathbf{2048 \text{ kbiți / s.}} \quad (4.3)$$

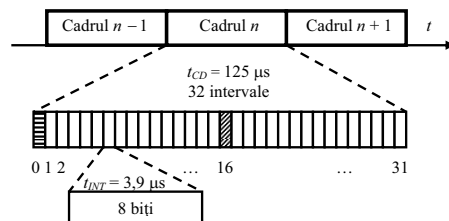


Fig.4.2. Structura și parametrii cadrului primar PCM.

- Câți biți conține un cadru primar PCM ?
- Ce durată are un bit dintr-un cadru primar PCM ?
- Care este debitul canalului de semnalizare ?

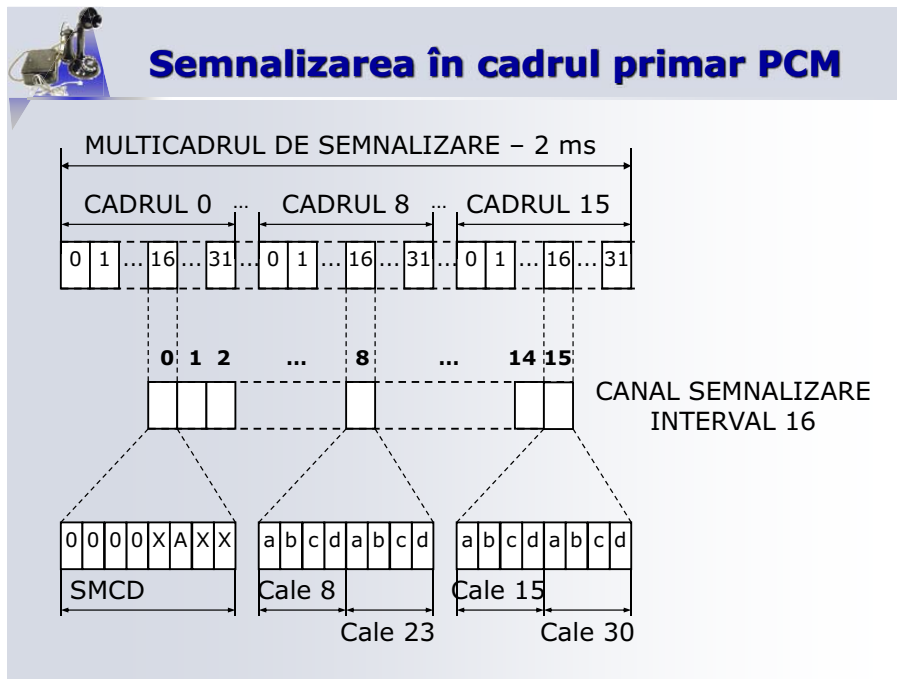


8. Semnalizarea în cadrele PCM european, respectiv american – multicadru de semnalizări, debite de semnalizare corespunzătoare unei căi de voce

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/4_RC_MULTIPLEXAREA%20IN%20TIMP.pdf, 8, 17

[1] cap. 4.6 pag. 75-76

1/2



Structura cadrului primar PCM 24 (SUA)

CADRU	BIT 1 (SINC)		8 BIȚI × 24 CĂI
	CD	MCD	
1	1		8 BIȚI PENTRU VOCE
2		0	
3	0		
4		0	
5	1		7 BIȚI VOCE + 1 BIT SEMNALIZĂRI
6		1	
7	0		8 BIȚI PENTRU VOCE
8		1	
9	1		
10		1	
11	0		7 BIȚI VOCE + 1 BIT SEMNALIZĂRI
12		0	

8. Semnalizarea în cadrele PCM european, respectiv american – multicadru de semnalizări, debite de semnalizare corespunzătoare unei căi de voce

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/4_RC_MULTIPLEXAREA%20IN%20TIMP.pdf, 8, 17
[1] cap. 4.6 pag. 75-76 2/2

Capitolul 4 Transmisia numerică PCM

4.6. Multicadru de semnalizare

Într-o rețea telefonică automată, pe lângă informația vocală, care asigură comunicația directă a utilizatorilor, trebuie transmise și **semnalizări**, care să asigure funcțiile necesare stabilirii, menținerii și eliberării legăturilor între terminale.

Din structura cadrului PCM (fig. 4.2) se remarcă, pentru cele 30 de căi telefonice transmise, că există un **singur** interval (16) pentru semnalizări. Este evident că cei 8 biți ai intervalului de semnalizare nu pot acoperi necesitățile de semnalizare pentru 30 de căi.

De aceea sunt necesare mai multe cadre, fiecare cu intervalul său de semnalizări, grupate într-un **multicadru** de semnalizare. Această structură standardizată este formată din 16 cadre primare PCM, conform reprezentării din fig. 4.6.

Au fost alocati câte 4 biți de semnalizare (a b c d) fiecărei căi telefonice, ceea ce înseamnă că în intervalul 16 al unui cadru pot fi transmise semnalizările pentru 2 căi.

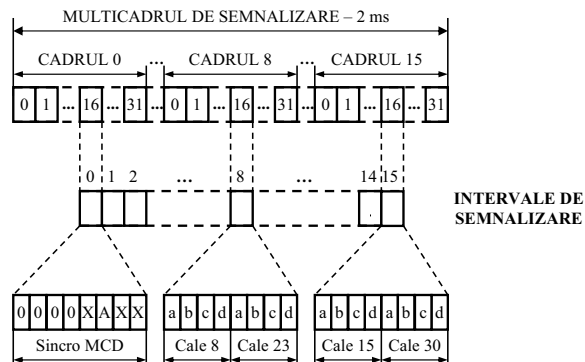


Fig.4.6. Organizarea multicadrului de semnalizare.

Capitolul 4 Transmisia numerică PCM

Pentru celelalte căi, semnalizările sunt transmise în cadrele următoare. Sunt necesare, deci, intervalele 16 din 15 cadre pentru semnalizările celor 30 de căi.

Există o legătură bine precizată (reprezentată și în fig. 4.6) între numărul căii (23), cadrul în care se transmite semnalizarea asociată (8) și poziția celor 4 biți de semnalizare (ultimii 4 biți ai intervalului 16). Pentru ca la recepție să poată fi contorizate cadrele (de la 1 la 15), este necesară transmiterea unei referințe de timp, care să marcheze care este primul cadru.

Se transmite, în acest scop, un cod de **sincronizare pe multicadru de semnalizări**, în intervalul 16 al cadrului 0. Rezultă, deci, 16 cadre primare într-un multicadru.

Cuvântul de sincronizare pe multicadru este o structură fixă de 4 biți: **0000**. Ceilalți 4 biți au semnificații asemănătoare cu cei analizați la sincronizarea pe cadru: **A** are rol de alarmă, în cazul pierderii sincronizării pe multicadru, iar biții **X** formează un canal de date disponibil.

Este de observat că **pierderea sincronismului** pe multicadru nu afectează sincronismul cadrelor, adică legăturile pot continua normal. De aceea, sincronizarea pe multicadru este mai puțin rigidă: cuvântul de sincronizare este scurt (4 biți), cu frecvență mai mică (la 16 cadre) și cu o procedură mai dinamică de schimbare a stării de funcționare (declarația pierderii sincronizării după 2 detecții eronate consecutive și declarația restabilirii sincronismului la prima detecție corectă).

Conform structurii de multicadru, semnalizările corespunzătoare unei căi au o frecvență mai mică decât a eșantioanelor vocale. Aceasta nu reprezintă o limitare, având în vedere că debitul acestora este mult mai mic și datorită faptului că întârzierile ce pot apărea sunt nesemnificabile pentru utilizator.

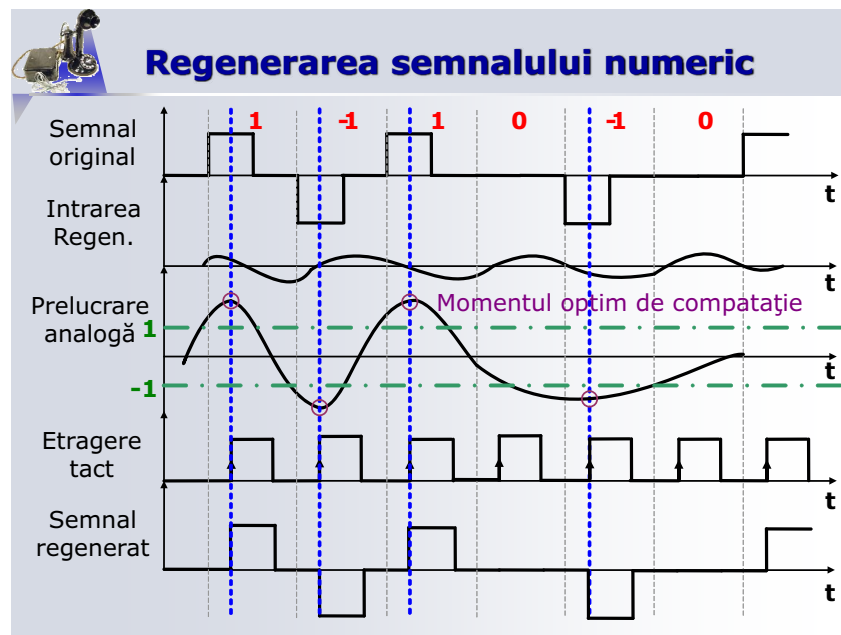
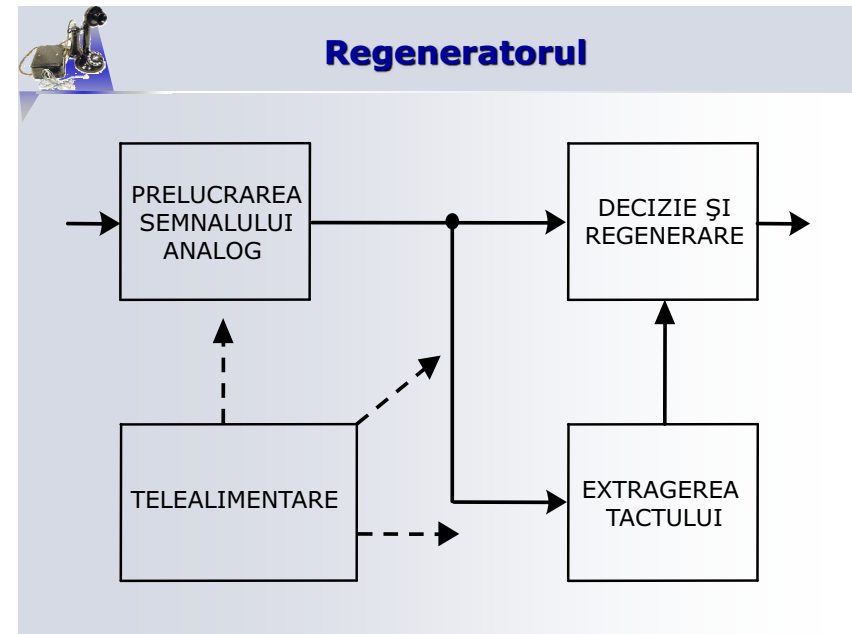
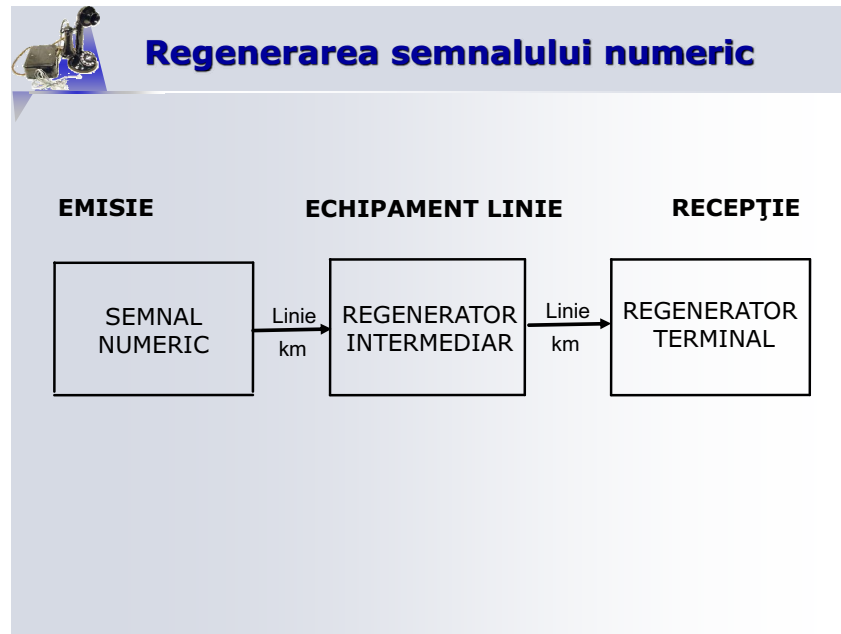


- De ce este necesară gruparea mai multor cadre ?
- De ce este necesară sincronizarea și pe multicadru ?
- Care este frecvența multicadrului de semnalizări ?
- Calculați debitul canalului de semnalizare al unei căi ?

9. Regeneratorul – rolul regeneratorului într-un sistem de transmisie numerică, blocurile componente și funcțiile îndeplinite de fiecare

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/6_RC_REGENERATORUL.pdf, 1, 2, 3

1/1



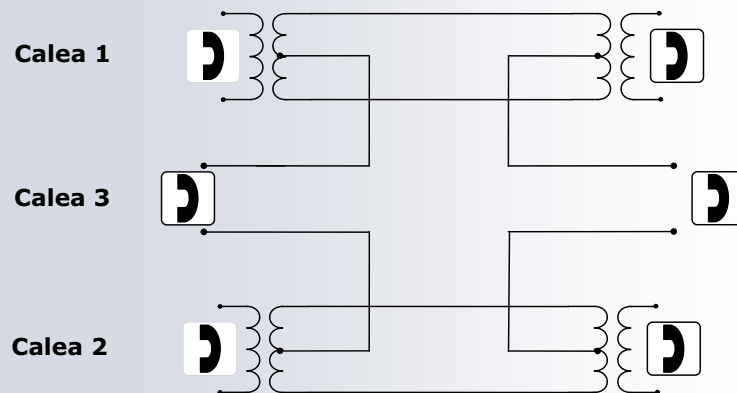
10. Telealimentarea – principiul, noțiunea de circuit fantomă, domeniu de aplicație

https://intranet.etc.upt.ro/~TT/Curs/6_RC_REGENERATORUL.pdf, 24-27

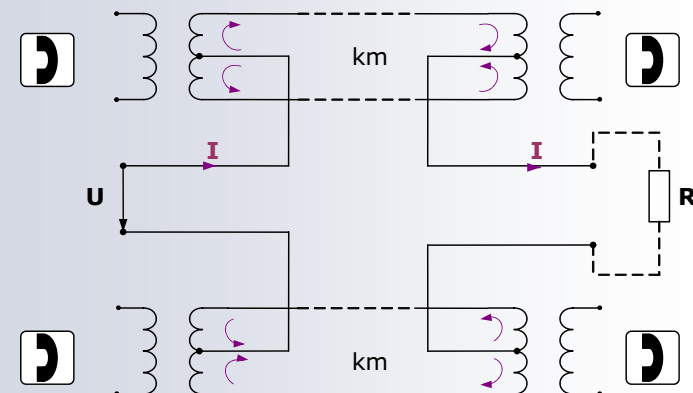
1/1



Linia fantomă (a treia cale)



Telealimentarea pe fantomă

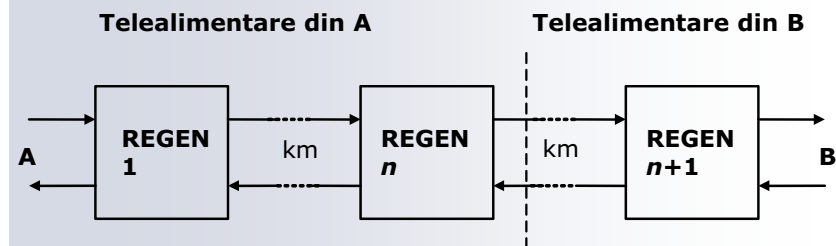


Telealimentarea

- Practica standard:
 - telealimentarea regeneratoarelor utilizând **liniile de transmisie**
- Structura obișnuită pentru linii (perechi de fire)
 - crearea unei linii **fantomă**, utilizând prizele mediane ale transformatoarelor de intrare și de ieșire
 - alimentarea în curent constant prin acest circuit
- **Curent continuu constant**
 - typic 50 mA
- Alimentare în serie
 - n diode **Zener**
 - typic 250 V



Principiul telealimentării



BAZE DE DATE
ANUL 3, SEMESTRUL 6

1. Sisteme de baze de date - structura unui sistem de baze de date, descrierea componentelor. (curs 1 - 1.3)

1/2

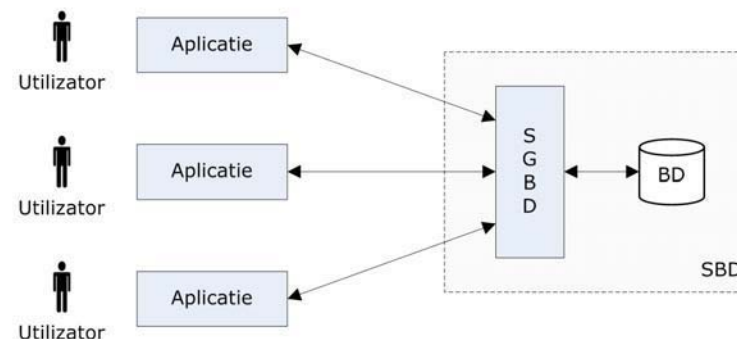


Fig.3 Structura unui sistem de baze de date

O baza de date este o colectie de date interconectate, cu redundanta controlata, care reprezinta unele aspecte ale lumii reale si care este proiectata, construita si populata cu date, cu un anumit scop.

Sistemele de gestiune a baze de date sunt colectii de programe, care permit gestionarea bazelor de date prin definirea structurilor necesare pentru stocarea datelor si prin asigurarea mecanismelor de manipulare a acestora.

Toate cererile dinspre utilizatori spre bazele de date sunt tratate de catre sistemul de gestiune a bazelor de date. Acesta primeste cererile de la aplicatii, le translateaza in operatii complexe, executa operatiile corespunzatoare si returneaza rezultatul. Sistemul de gestiune a bazelor de date asigura interfata intre bazele de date si utilizatorii acestora.

Cateva dintre avantajele utilizarii sistemelor de gestiune a bazelor de date sunt:

- independenta datelor
 - aplicatiile cu baza de date nu tin seama de modalitatea de reprezentare a datelor si de suportul de stocare;
- securitatea si integritatea datelor
 - facilitatile de autorizare ale sistemului de gestiune a bazelor de date ofera un mecanism puternic de control al accesului; integritatea datelor se refera la corectitudinea datelor incarcate si manipulate, astfel incat sa respecte conditiile de integritate impuse bazelor de date;
- accesarea eficienta a datelor
 - sistemul de gestiune ofera stocare eficienta, mecanisme de refacere a datelor, suport pentru fisiere de mari dimensiuni, optimizarea interogarilor si structuri de date indexabile;
- reducerea timpul necesar pentru dezvoltarea aplicatiilor cu baza de date;
- administrarea datelor
 - se ofera o modalitate comuna de tratare a colectiilor de obiecte, in cazul in care acestea sunt accesate in comun de mai multi utilizatori;
- permit utilizatorilor sa creeze noi baze de date si sa specifice scheme pentru acestea, utilizand limbaje specializate pentru definirea datelor;
- concurenta
 - se realizeaza prin intermediul tranzactiilor si permite executia concurenta a programelor utilizator asupra unei baze de date partajate.

Utilizatorii unui sistem de gestiune a bazelor de date pot fi clasificati in trei categorii:

- administratori baze de date (DBA)

1.3. Componentele unui sistem de baze de date

Principalele componente ale unui sistem de baze de date sunt colectiile de date, denumite si baze de date, si seturile de programe necesare pentru a accesa aceste date (sistem de gestiune a bazelor de date).

Structura unui sistem de baze de date este ilustrata in figura urmatoare; pot fi observate componentele unui astfel de sistem:

- baze de date
 - colectii de date interconectate;
- sistem de gestiune a bazelor de date (SGBD)
 - software care permite administrarea si controlul accesului la bazele de date;
- aplicatii
 - programe care interactioneaza cu bazele de date in timpul executiei;
- utilizatori
 - administratori baze de date, utilizatori finali, programatori de aplicatii.

1. Sisteme de baze de date - structura unui sistem de baze de date, descrierea componentelor. (curs 1 - 1.3)

2/2

- responsabili cu gestionarea resurselor, proiectarea si implementarea bazelor de date; acorda utilizatorilor drepturi de acces si asigura securitatea datelor;
- programatori de aplicatii
 - dezvoltă aplicatii cu baze de date folosind limbaje de programare sau biblioteci specializate care permit lucrul cu baze de date;
- utilizatori finali
 - accesează bazele de date prin intermediul unor aplicatii.

Un sistem de gestiune a bazelor de date integrează limbaje specifice pentru descrierea si manipularea datelor; se permite astfel accesul la date al utilizatorilor prin intermediul unor limbaje de nivel înalt, apropiate de modul obisnuit de exprimare.

În principiu, un sistem de gestiune a bazelor de date conține două tipuri de limbaje:

- limbaj pentru definirea datelor (DDL - Data Definition Language);
- limbaj pentru manipularea datelor (DML - Data Manipulation Language).

Limbajul de definire a datelor (DDL) descrie structurile si componentele unei baze de date, relatiilor dintre componente, constrangerilor asupra datelor si drepturilor de acces ale utilizatorilor la baza de date. Cu alte cuvinte, limbajul de definire a datelor specifica structurile de stocare si metodele de acces utilizate.

Limbajul de manipulare a datelor (DML) permite operatii asupra datelor stocate în bazele de date. Pot fi definite operatii de inserare, stergere, modificare sau cautare a elementelor, realizarea de statistici asupra datelor.

2. Modelul de date relational - componentele modelului relational, schema unei relatii, reprezentarea unei relatii. (curs 2 - 2.1)

1/2

BD

2. Proiectarea unei baze de date

2.1 Modelul de date relational

2.2 Normalizarea

2.3 Proiectarea unei baze de date

2.4 Crearea si utilizarea unei baze de date

2.1 Modelul de date relational

Modelul de date relational are la baza principiile algebrei relationale, stabilite de E.F.Codd in anul 1970. Modelul relational este strans legat de conceptul de relatie si cuprinde trei componente principale:

- o componenta structurala, care permite definirea relatiilor prin intermediul atributelor, tuplurilor si cheilor primare;
- o componenta de integritate, materializata prin impunerea de constrangeri (restrictii);
- o componenta de manipulare a datelor, care permite prelucrarea datelor prin intermediul unor operatii specifice algebrei relationale.

Deasemnea, in cadrul modelului de date relational sunt tratate si alte concepte, precum: asocierile, anomalile de actualizare, dependentele functionale, dependentele tranzitive.

Dupa cum precizam si mai sus, relatia reprezinta elementul central al modelului de date relational. O relatie este definita prin intermediul unui set de attribute (informatii elementare).

Fiecare atribut al unei relatii are un domeniu, care cuprinde un set de valori posibile din care poate lua o singura valoare, pentru fiecare element al relatiei. Elementele unei relatii mai poarta numele de tupluri. Ordinea valorilor in interiorul unui tuplu este data de ordinea de definire a atributelor in relatie.

Schema unei relatii, $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$, este compusa din:

- R - numele relatiei;
- $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n$ - lista atributelor sale, unde fiecare atribut A_i este definit pe domeniul $D(A_i)$;
- $\underline{A_1}$ - atributul (sau attributele) care identifica unic tuplurile ($a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$), unde a_i in domeniul $D(A_i)$.

Numarul de attribute care contribuie la definirea unei relatii constituie gradul relatiei.

Numarul de tupluri continute de o relatie reprezinta cardinalitatea relatiei respective.

nume tabel

facultati

idFacultate	numeFacultate	telefonFacultate	faxFacultate	webFacultate
1	Arhitectura	+40.256.404.021		http://www.arh.upt.ro/
2	Automatica si Calculatoare	+40.256.403.211	+40.256.403.214	http://www.ac.upt.ro/
3	Chimie	+40.256.403.063	+40.256.403.060	http://www.ch.upt.ro/
4	Constructii	+40.256.404.000	+40.256.404.010	http://www.ct.upt.ro/
5	Electronica si Telecomunicatii	+40.256.402.391	+40.256.403.295	http://www.etc.upt.ro/
6	Electrotehnica si Electroenergetica	+40.256.403.381	+40.256.403.384	http://www.et.upt.ro/
7	Hidrotehnica	+40.256.404.082	+40.256.404.083	http://www.hidro.upt.ro/
8	Inginerie Huneoara	+40.254.207.502	+40.254.207.501	http://www.fih.upt.ro/
9	Management in Productie si Transporturi	+40.256.404.284	+40.256.404.287	http://www.mpt.upt.ro/
10	Mecanica	+40.256.403.521	+40.256.403.523	http://www.mec.upt.ro/

cap tabel

linie

Fig. 1 Elementele unui tablou

O relatie poate fi reprezentata prin intermediul unui tabel bidimensional, care cuprinde urmatoarele elemente:

- nume
 - este acelasi cu numele relatiei pe care o reprezinta;
- cap de tabel
 - contine numele atributelor relatiei;
- coloane
 - fiecare coloana corespunde unui atribut al relatiei si are un nume unic in interiorul tabelului;
 - o coloana prezinta un set de valori posibile (domeniu), care pot aparea in coloana;
- linii
 - corespund tuplurilor dintr-o relatie;
 - o linie dintr-un tabel mai este cunoscuta sub numele de inregistrare;
 - in fiecare element al unei inregistrari se introduce o valoare, care corespunde coloanei in care se afla elementul;
 - inregistrările duplicate nu sunt permise intr-un tabel; pentru a preveni aparitia duplicatelor a fost introdus conceptul de cheie candidat;
 - intr-un tabel, ordinea liniilor si a coloanelor nu prezinta importanta.

Se numeste cheie candidat (CK) un atribut sau un set de attribute care identifica in mod unic un tuplu al relatiei. O cheie candidat prezinta urmatoarele proprietati: unica, nu exista doua tupluri in relatie care sa contina aceiasi valoare pentru atributul (attributele) care formeaza cheia; ireductibila, nu exista o submultime a cheii care sa detina proprietatea de unicitate.

Atributele unei relatii care fac parte dintr-o cheie poarta numele de attribute prime, in timp ce restul atributelor mai sunt cunoscute si sub numele de attribute neprime.

Se numeste cheie primara (PK) o cheie candidat care a fost selectata pentru a servi ca si identificator principal pentru tuplurile unei relatii. Fiecare relatie trebuie sa detina o cheie primara. Attributele corespunzatoare cheii primare nu pot contine valori NULL si nu isi pot modifica valoarea prin operatii de actualizare.

Se numeste supercheie (SK) un set de attribute care identifica in mod unic un tuplu al relatiei. O supercheie difera de o cheie candidat prin faptul ca nu respecta proprietatea de ireductibilitate.

Se numeste cheie externa (FK) un atribut sau un set de attribute dintr-o relatie care constituie o cheie primara intr-o alta relatie.

Componenta de integritate a modelului de date relational se manifesta prin intermediul unor reguli care asigura corectitudinea datelor:

- constangerea de integritate a entitatilor
 - se aplica asupra cheilor primare si stabileste ca fiecare tuplu al unei relatii este identificat unic prin intermediul unei chei, ale carei attribute nu pot contine valori NULL;
- constangerea de integritate referentiala
 - se aplica asupra cheilor externe si stabileste ca orice valoare a unei chei externe se gaseste printre valorile cheii primare din relatia referita sau are valoarea NULL.

O cheie determina functional celelalte attribute dintr-un tuplu al unei relatii, motiv pentru care se numeste determinant.

O dependenta functionala descrie legatura dintre doua attribute ale unei relatii. Spunem ca un atribut Y este dependent functional de atributul X (sau atributul X determina functional pe atributul Y), si notam $X \rightarrow Y$, daca oricarei valori a atributului X ii corespunde o singura valoare a atributului Y.

Un alt mod utilizat pentru a defini dependenta functionala este urmatorul. Un atribut Y este dependent functional de atributul X, si notam $X \rightarrow Y$, daca valoarea sa este determinata de un atribut care este cheie.

2. Modelul de date relational - componentele modelului relational, schema unei relatii, reprezentarea unei relatii. (curs 2 - 2.1)

2/2

Daca exista o dependenta functionala intr-o relatie, ea este specificata ca si constangere intre atribute. Intr-o expresie $X \rightarrow Y$, X poarta numele de determinant, iar Y pe cel de dependent. Faptul ca Y nu este dependent functional de X poate fi notat astfel: $X \nrightarrow Y$.

Daca atributul Y este dependent functional de atributul X si atributul X este dependent functional de atributul Y, atunci cele doua atribute sunt in relatie de tip unu la unu.

Daca atributul Y este dependent functional de atributul X si atributul Z este dependent functional de atributul Y, atunci spunem ca atributul Z este dependent tranzitiv de atributul X.

2.2 Normalizarea

Normalizarea reprezinta un proces prin care modelul unei baze de date este descompus in mai multe relatii, in functie de anumite reguli numite forme normale. Prin intermediul normalizarii, proiectantii unei baze de date dispun de o serie de teste care pot fi aplicate relatiilor, astfel incat sa reduca la maxim redundanta datelor si implicit sa elimine anomaliiile de actualizare.

StudentiFacultati (idStudent, numeStudent, prenumeStudent, idFacultate, numeFacultate, adresaFacultate, telefonFacultate)

Relatia *StudentFacultate* pastreaza date cu privire la studentii unor facultati. Aceasta relatie contine date redundante: datele care descriu facultatea se repeta pentru studentii aceleiasi facultati.

Astfel de relatii care contin date redundante pot introduce diferite situatii denumite anomalii de actualizare; apar la inserarea, stergerea sau modificarea inregistrarilor:

- anomalii de inserare
 - in relatia precedenta nu pot fi introduse date cu privire la o facultate daca nu se cunosc datele unui student (atributele care participa la realizarea cheii primare nu pot lua valoarea NULL); deasemenea, la introducerea unui nou student, trebuie precizate datele corespunzatoare facultatii, date care trebuie sa coincida pentru studentii aceleiasi facultati;
- anomalii de stergere
 - daca sunt stersi toti studentii de la o anumita facultate, se pierd si datele corespunzatoare facultatii;
- anomalii de modificare
 - daca se modifica numarul de telefon al unei facultati, trebuie actualizate toate inregistrarile in care apare facultatea pentru care s-a modificat numarul de telefon.

Normalizarea unei baze de date se realizeaza gradual, prin verificarea relatiilor dupa formele normale. Aducerea relatiilor intr-o forma normala presupune extragerea unor atribute din relatii si introducerea, pe baza lor, a unor noi relatii.

Procesul de normalizare se poate desfasura pe baza urmatoarelor forme normale: 1NF, 2NF, 3NF, BCNF (Boyce-Codd), 4NF, 5NF, DKNF (Domain-Key). In general, pentru normalizarea unei baze de date multi proiectanti considera necesare doar primele trei forme normale.

Fiecare forma normala preia constangerile formei normale precedente, la care adauga noi restrictii.

1NF: o relatie respecta prima forma normala, daca domeniul atributelor cuprinde numai valori atomice si fiecare atribut ia o singura valoare din domeniul sau de definitie.

Un grup repetitiv este un atribut sau grup de atribute din cadrul relatiei care apare cu valori multiple pentru o singura instanta a cheii primare. O relatie poate fi adusa in prima forma normala daca au fost definite atributele care fac parte din cheia primara si au fost

3. Normalizarea - definitie si utilitate, anomalii de actualizare, definire forme normale.

(curs 2 - 2.2)

1/2

Daca exista o dependenta functionala intr-o relatie, ea este specificata ca si constangere intre atribute. Intr-o expresie $X \rightarrow Y$, X poarta numele de determinant, iar Y pe cel de dependent. Faptul ca Y nu este dependent functional de X poate fi notat astfel: $X \nrightarrow Y$.

Daca atributul Y este dependent functional de atributul X si atributul X este dependent functional de atributul Y, atunci cele doua atribute sunt in relatie de tip unu la unu.

Daca atributul Y este dependent functional de atributul X si atributul Z este dependent functional de atributul Y, atunci spunem ca atributul Z este dependent tranzitiv de atributul X.

2.2 Normalizarea

Normalizarea reprezinta un proces prin care modelul unei baze de date este descompus in mai multe relatii, in functie de anumite reguli numite forme normale. Prin intermediul normalizarii, proiectantii unei baze de date dispun de o serie de teste care pot fi aplicate relatiilor, astfel incat sa reduca la maxim redundanta datelor si implicit sa elimine anomalile de actualizare.

`StudentiFacultati (idStudent, numeStudent, prenumeStudent, idFacultate, numeFacultate, adresaFacultate, telefonFacultate)`

Relatia *StudentFacultate* pastreaza date cu privire la studentii unor facultati. Aceasta relatie contine date redundante: datele care descriu facultatea se repeta pentru studentii aceleiasi facultati.

Astfel de relatii care contin date redundante pot introduce diferite situatii denumite anomalii de actualizare; apar la inserarea, stergerea sau modificarea inregistrarilor:

- anomalii de inserare
 - in relatia precedenta nu pot fi introduse date cu privire la o facultate daca nu se cunosc datele unui student (atributele care participa la realizarea cheii primare nu pot lua valoarea NULL); deasemenea, la introducerea unui nou student, trebuie precizate datele corespunzatoare facultatii, date care trebuie sa coincida pentru studentii aceleiasi facultati;
- anomalii de stergere
 - daca sunt stersi toti studentii de la o anumita facultate, se pierde si datele corespunzatoare facultatii;
- anomalii de modificare
 - daca se modifica numarul de telefon al unei facultati, trebuie actualizate toate inregistrările in care apare facultatea pentru care s-a modificat numarul de telefon.

Normalizarea unei baze de date se realizeaza gradual, prin verificarea relatiilor dupa formele normale. Aducerea relatiilor intr-o forma normala presupune extragerea unor atribute din relatii si introducerea, pe baza lor, a unor noi relatii.

Procesul de normalizare se poate desfasura pe baza urmatoarelor forme normale: 1NF, 2NF, 3NF, BCNF (Boyce-Codd), 4NF, 5NF, DKNF (Domain-Key). In general, pentru normalizarea unei baze de date multi proiectanti considera necesare doar primele trei forme normale.

Fiecare forma normala preia constangerile formei normale precedente, la care adauga noi restrictii.

1NF: o relatie respecta prima forma normala, daca domeniul atributelor cuprinde numai valori atomice si fiecare atribut ia o singura valoare din domeniul sau de definitie.

Un grup repetitiv este un atribut sau grup de atribute din cadrul relatiei care apare cu valori multiple pentru o singura instanta a cheii primare. O relatie poate fi adusa in prima forma normala daca au fost definite atributele care fac parte din cheia primara si au fost

eliminate grupurile repetitive.

StudentiFacultati

idStudent	numeStudent	prenumeStudent	idFacultate	numeFacultate	adresaFacultate	telefonFacultate
1	Popescu	Virgil	7	Hidrotehnica	George Enescu	+40.256.404.082
			3	Chimie	Piata Victoriei	+40.256.403.063
2	Nitu	Valentina	7	Hidrotehnica	George Enescu	+40.256.404.082
3	Raicovici	Flavius	3	Chimie	PiataVictoriei	+40.256.403.063
			4	Constructii	Traian Lalescu	+40.256.404.000

Se observa in tabelul precedent un grup repetitiv (idFacultate, numeFacultate, adresaFacultate, telefonFacultate) in cazul in care consideram ca un student poate fi inscris la mai multe facultati. Acesta este un exemplu de tabel care nu respecta forma normala 1NF.

Aducerea tabelului anterior la forma normala 1NF se realizeaza prin extragerea grupului repetitiv din tabel si prin crearea unui nou tabel care sa contina cheia primara a tabelului initial si campurile care fac parte din grupul repetitiv. In tabelul nou format se identifica atributele care vor forma o cheie primara.

`StudentiFacultati (idStudent, numeStudent, prenumeStudent, idFacultate, numeFacultate, adresaFacultate, telefonFacultate)`

`Studenti (idStudent, numeStudent, prenumeStudent)`

`FacultatiStud (idStudent, idFacultate, numeFacultate, adresaFacultate, telefonFacultate)`

Studenti

idStudent	numeStudent	prenumeStudent
1	Popescu	Virgil
2	Nitu	Valentina
3	Raicovici	Flavius

FacultatiStud

idStudent	idFacultate	numeFacultate	adresaFacultate	telefonFacultate
1	7	Hidrotehnica	George Enescu	+40.256.404.082
1	3	Chimie	Piata Victoriei	+40.256.403.063
2	7	Hidrotehnica	George Enescu	+40.256.404.082
3	3	Chimie	Piata Victoriei	+40.256.403.063
3	4	Constructii	Traian Lalescu	+40.256.404.000

2NF: o relatie respecta forma normala 2NF, daca respecta 1NF si orice atribut care nu face parte din cheia primara este total dependent functional de cheia primara a relatiei (nu exista dependente functionale parțiale).

O dependenta functionala $X \rightarrow Y$ este totala daca eliminarea oricarui atribut din X determina anulara dependentei. O dependenta functionala $X \rightarrow Y$ este partiala daca exista un atribut din X care prin eliminare determina pastrarea dependentei.

Forma normala 2NF are relevanta doar pentru tabelele care detin o cheie primara compusa.

Tabelul FacultatiStud, rezultat in urma aplicarii formei normale 1NF (pasul anterior),

3. Normalizarea - definitie si utilitate, anomalii de actualizare, definire forme normale. (curs 2 - 2.2)

2/2

este un exemplu de nerespectare a formei normale 2NF (tabelul contine o dependenta functionala partiala).

idStudent, idFacultate -> numeFacultate, adresaFacultate, telefonFacultate
idFacultate -> numeFacultate, adresaFacultate, telefonFacultate

Aducerea unui tabel la forma normala 2NF presupune extragerea din tabel a campurilor dependente partial si introducerea lor intr-un nou tabel, impreuna cu determinantul lor.

FacultatiStud (idStudent, idFacultate, numeFacultate, adresaFacultate, telefonFacultate)

Facultati (idFacultate, numeFacultate, adresaFacultate, telefonFacultate)

StudentiFacultati (idStudent, idFacultate)

Facultati

idFacultate	numeFacultate	adresafacultate	telefonFacultate
4	Constructii	Traian Lalescu	+40.256.404.000
3	Chimie	Piata Victoriei	+40.256.403.063
7	HIrotehnica	George Enescu	+40.256.404.082

StudentiFacultati

idStudent	idFacultate
1	7
1	3
2	7
3	3
3	4

3NF: o relatie respecta forma normala 3NF, daca respecta forma normala 2NF si niciun atribut care nu face parte din cheia primara nu este dependent tranzitiv de cheia primara.

Daca atributul Y este dependent functional de atributul X si atributul Z este dependent functional de atributul Y, atunci spunem ca atributul Z este dependent tranzitiv de atributul X.

Orice atribut neprim trebuie sa depinda de o cheie (1NF), de intreaga cheie (2NF) si numai de cheie (3NF).

Consideram urmatorul tabel care nu respecta forma normala 3NF, dar respecta formele normale precedente. Se poate observa prezenta unei dependente tranzitive, determinate de campul numarCamin.

StudentiCamine

idStudent	numeStudent	prenumeStudent	numarCamin	adresaCamin
1	Popescu	Virgil	2MV	Mihai Viteazu
2	Nitu	Valentina	22C	Aleea Studentilor
3	Raicovici	Flavius	22C	Aleea Studentilor

idStudent->numeStudent, prenumeStudent, numarCamin, adresaCamin
numarCamin->adresaCamin

4. Instructiuni SQL - tipuri de instructiuni SQL, componentele unei instructiuni SQL.

(curs 3 - 3.1)

1/2

BD

3. Limbajul SQL. MySQL

3.1 Structura limbajului SQL

3.2 Expresii si operatori

3.3 Tipuri de date

3.4 Functii

3.1 Structura limbajului SQL

SQL (Structured Query Language) este limbajul standard utilizat pentru accesarea bazelor de date relationale.

Limbajul SQL este un limbaj declarativ, neprocedural, prin intermediul caruia utilizatorii descriu si manipuleaza datele. Prin intermediul limbajelor declarative utilizatorii stabilesc ce date doresc sa obtina, fara a specifica modalitatile de obtinere a acestor date. Scrierea unui program declarativ nu se refera la specificarea unei secvente de instructiuni care sa ruleze una dupa alta, ci la scrierea unor instructiuni declarative care prezinta relatiile dintre ele.

Avand in vedere faptul ca exista o standardizare a acestui limbaj, majoritatea sistemelor de gestiune a bazelor de date relationale utilizeaza instructiuni ale limbajului SQL (implementeaza standardul SQL):

- Oracle
- Microsoft SQL Server
- MySQL
- PostgreSQL
- SQLite
- SyBase
- Microsoft Access
- Ingres
- InterBase

Instructiunile limbajului SQL pot fi clasificate astfel:

- instructiuni de definire a datelor (permit descrierea structurii pentru tabelele unei baze de date);
 - CREATE - permite crearea structurii unui tabel sau crearea unei baze de date;
 - ALTER - permite modificarea structurii unui tabel;
 - RENAME - permite modificarea denumirii unui tabel;
 - DROP - permite stergerea structurii unui tabel sau stergerea unei baze de date;
 - TRUNCATE - permite stergerea continutului unui tabel;
- instructiuni de manipulare a datelor (permit modificarea continutului tabelelor);
 - INSERT - permite adaugarea de noi inregistrari intr-un tabel;
 - UPDATE - permite actualizarea valorilor pentru inregistrările dintr-un tabel;
 - DELETE - permite stergerea inregistrărilor dintr-un tabel;
- instructiuni de interogare (permite regasirea liniilor memorate in tabele);
 - SELECT
- instructiuni de procesare a tranzactiilor;
 - SAVEPOINT - permite definirea unui punct de salvare, la care se poate reveni pentru a renunta la modificarile facute dupa acest punct asupra bazei de date

- COMMIT - permite ca modificarile facute asupra bazei de date sa devina permanente;
- ROLLBACK - permite renuntarea la anumite modificari facute asupra bazei de date;
- instructiuni pentru controlul datelor (permite definirea, modificarea si retragerea privilegiilor);
 - GRANT - permite acordarea de privilegii;
 - REVOKE - permite retragerea privilegiilor acordate.

O instructiune SQL poate include urmatoarele componente:

- identificatori
 - specifica nume de obiecte MySQL, precum: baze de date, tabele, indcsi, vizualizari, proceduri stocate;
- cuvinte rezervate
 - termeni predefiniti, care asigura o anumita functionalitate;
- variabile
 - locatii de memorie desemnate printr-un nume;
- constante
 - numerice: intregi (3251), reale (32.15);
 - alfanumerice (sir de caractere): 'constanta sir 1', 'constanta sir 2';
 - NULL: constanta speciala cu semnificatia *nici o valoare*;
- operatori
 - simboluri utilizate in implementarea anumitor operatii;
- expresii
 - sunt formate din variabile, constante, operatori si apeluri functii.

Orice obiect MySQL (baze de date, tabele, indcsi, alias-uri, vizualizari, proceduri stocate) detine un nume (identificator). Restrictiile impuse identificatorilor, in MySQL, sunt cele standard: sa nu contina spatii, sa nu fie mai lungi decat o limita impusa.

Urmatorul tabel indica numarul maxim de caractere pentru principalele tipuri de identificatori:

Identificator	Lungime maxima (caractere)
baza de date	64
tabel	64
coloana	64
index	64
procedura	64
trigger	64
vizualizare	64
alias	256

In MySQL pot fi utilizate nume de obiecte care includ unul sau mai multi identificatori. Componentele unui nume cu mai multi identificatori sunt separate prin intermediul caracterului (".").

De exemplu, referirea la o anumita coloana dintr-un tabel al unei baze de date se poate face in trei moduri.

4. Instructiuni SQL - tipuri de instructiuni SQL, componentele unei instructiuni SQL. (curs 3 - 3.1)

2/2

Referinta colana	Semnificatie
numeCol	coloana numeCol din tabelul utilizat in instructiune
numeTab.numeCol	coloana numeCol din tabelul numeTab din baza de date implicita
numeBD.numeTab.numeCol	coloana numeCol din tabelul numeTab din baza de date numeBD

Comentariile sunt utilizate pentru a explica zone dintr-un script sau pentru a preciza informatii suplimentare cu privire la script (autor, versiune, data ultimei modificari).

Limbajul SQL furnizeaza trei modalitati de adaugare a comentariilor in scripturi, cu influente din limbajele de programare, dar si din scripturile de tip shell:

- comentariu multilinie (stilul C) - presupune utilizarea perechilor de caractere ("/*", "*/") la inceputul si la sfarsitul unui text explicativ;

```
/* comentariu  
pe mai multe  
linii - stilul C */
```

- comentariu linie

```
-- comentariu pe o singura linie  
# comentariu pe o singura linie - stilul shell script
```

In marea majoritate a cazurilor, o instructiune SQL trebuie incheiata prin (";").

Deasemenea, trebuie avut in vedere faptul ca limbajul SQL nu este de tip case-sensitive. Identificatorii pot fi scrisi, in general, cu orice combinatie de litere mari sau mici.

Ca si regula generala, este indicata pastrarea unor conventii de notare pe toata perioada desfasurarii lucrului:

- majuscule pentru cuvinte rezervate;
- litere mici pentru cuvinte definite de utilizatori;
- acoladele { } indica un element necesar;
- parantezele drepte [] indica un element optional;
- bara verticala | indica posibilitatea alegerii unei variante.

3.2 Expresii si operatori

Operatorii reprezinta simboluri utilizate in implementarea operatiilor.

Limbajul SQL ofera suport pentru urmatoarele categorii de operatori:

- aritmetici
 - +, -, *, /, %
- logici
 - AND, &&, NOT, !, OR, ||, XOR
- pe biti
 - &, ~, |, ^, <<, >>
- comparare
 - =, <=>, <, >, <=, >=, !=, <>

5. Manipularea datelor in limbajul SQL - instructiuni specifice, exemple de instructiuni de manipulare a datelor. (curs 4 - 4.3, 4.4, 4.5)

1/3

TRUNCATE TABLE nume_tabel

Instructiunea TRUNCATE sterge tabelul, dupa care il creeaza din nou, fiind mult mai rapida decat instructiunea DELETE. Pentru utilizarea instructiunii TRUNCATE este necesar privilegiul DROP pentru tabelul pe care opereaza.

Stergerea inregistrarilor dintr-un tabel, cu ajutorul instructiunii TRUNCATE, este de preferat daca se doreste si resetarea coloanelor de tip AUTO_INCREMENT.

4.3. Instructiunea INSERT

Limbajul SQL prezinta trei tipuri de operatii pentru manipularea datelor dintr-un tabel: inserare, modificare si stergere. Fiecarei operatii ii corespunde o instructiune SQL: INSERT, UPDATE si DELETE.

Instructiunea INSERT permite inserarea (adaugarea) de noi inregistrari intr-un tabel.

Pentru instructiunea INSERT pot fi utilizate urmatoarele sintaxe:

```
INSERT [LOW_PRIORITY] [IGNORE]
[INTO] nume_tabel [(nume_coloana, ...)]
{VALUES} {(expresie | DEFAULT), ...}, (...), ...

INSERT [LOW_PRIORITY] [IGNORE]
[INTO] nume_tabel
SET nume_coloana={expresie | DEFAULT}, ...

INSERT [LOW_PRIORITY] [IGNORE]
[INTO] nume_tabel [(nume_coloana, ...)]
SELECT ...
```

Primele doua sintaxe, INSERT ... VALUES si INSERT ... SET, permit introducerea de inregistrari pe baza unor valori specificate explicit. Cea de-a treia forma, INSERT ... SELECT, permite inserarea de inregistrari care contin valori selectate din alte tabele.

```
INSERT
    INTO tutori (numeTutor, gradTutor, birouTutor, idDepartament)
    VALUES ("Marian Bucos", "SI", "B226", 1);
```

Prima sintaxa a instructiunii INSERT permite si introducerea de inregistrari multiple. Pentru aceasta sunt precizate liste multiple de valori (fiecare lista de valori este trecuta intre paranteze rotunde), delimitate prin virgula, astfel:

```
INSERT
    INTO tutori (numeTutor, gradTutor, birouTutor, idDepartament)
    VALUES ("Marian Bucos", "SI", "B226", 1),
    ("Radu Vasiu", "Prof", "A210", 1),
    ("Lucian Jurca", "Conf", "Electro2", 2);
```

Clauzele corespunzatoare instructiunii INSERT au urmatoarele semnificatii:

- LOW_PRIORITY
 - se utilizeaza pentru a intarzia scrierea efectiva a datelor in tabel pana cand utilizatorii nu mai citesc date din tabel;
- DELAYED
 - daca se utilizeaza aceasta clauza, datele sunt puse intr-o coada de asteptare pe server si controlul revine la client (ca si cum scrierea ar fi fost facuta); atata timp cat tabelul este utilizat, datele sunt mentinute pe server; scrierea efectiva are loc in momentul in care tabelul nu mai este accesat;
- IGNORE
 - in general, aceasta clauza este utila daca se introduc mai multe inregistrari prin intermediul aceleiasi instructiuni INSERT; prin utilizarea acestei clauze, inregistrările gresite sunt ignorate, iar cele corecte sunt adaugate fara raportarea unei erori;

- dupa executia instructiunii este raportat doar numarul de inregistrari inserate;

```
/* INSERT IGNORE
* Duplicate entry for key 'PRIMARY'
*/
INSERT IGNORE
    INTO tutori (idTutor, numeTutor, gradTutor, birouTutor, idDepartament)
    VALUES (1, "Marian Bucos", "SI", "B226", 1),
    (1, "Radu Vasiu", "Prof", "A210", 1),
    (3, "Lucian Jurca", "Conf", "Electro2", 1);
```

- INTO
 - se utilizeaza pentru compatibilitatea cu alte sisteme SQL;
- VALUES
 - specifica seturile de date care urmeaza a fi adaugate in tabel; daca nu este precizata o lista de coloane, dupa numele tabelului, atunci trebuie introduse valori pentru toate coloanele din tabel, in ordinea de la definirea tabelului;

```
/* INSERT fara descriere tabel
* trebuie specificate valori pentru toate campurile
* ordinea valorilor este data de ordinea campurilor la declararea tabelului
*/
INSERT
    INTO tutori
    VALUES (1, "Marian Bucos", "SI", "B226", 1);
```

Daca dupa numele tabelului in care sunt introduse datele este precizata o lista de coloane din tabel, atunci vor fi precizate valori pentru coloane, in ordinea stabilita in lista. In acest caz, coloanele din tabel care nu apar in lista vor primi valori implicite.

```
/* INSERT cu descriere tabel partiala
* nu se furnizeaza valori pentru toate coloanele
* birouTutor - NULL, idDepartament - NOT NULL
* ERROR: Field 'idDepartament' doesn't have a default value
*/
INSERT
    INTO tutori (gradTutor, numeTutor )
    VALUES ("SI", "Marian Bucos");

/* INSERT cu descriere tabel partiala
* nu se furnizeaza valori pentru toate coloanele
* birouTutor - NULL
*/
INSERT
    INTO tutori (gradTutor, numeTutor, idDepartament )
    VALUES ("SI", "Marian Bucos", 1);
```

Pentru forma INSERT ... SET lista de coloane nu este necesara, deoarece clauza SET introduce perechi de tipul coloana - valoare.

```
/* INSERT de tip SET
* specifica explicit corespondenta intre coloane si valorile inserate
*/
INSERT
    INTO tutori
    SET numeTutor = "Marian Bucos",
    gradTutor = "SI",
    birouTutor = "B226",
    idDepartament = 1;
```

Forma INSERT ... SELECT permite colectarea unor valori dintr-un alt tabel si introducerea lor intr-o lista de valori care urmeaza a fi inserata. Instructiunea SELECT nu poate contine, in acest caz, clauza ORDER BY, utilizata pentru ordonarea rezultatelor. Deasemenea, datele nu pot fi colectate din acelasi tabel in care sunt apoi inserate.

```
/* INSERT de tip SELECT
```

5. Manipularea datelor in limbajul SQL - instructiuni specifice, exemple de instructiuni de manipulare a datelor. (curs 4 - 4.3, 4.4, 4.5)

2/3

```
* valoarea pentru campul idDepartament este extrasa din tabelul departamnete
*/
INSERT
    INTO tutori (numeTutor, gradTutor, birouTutor, idDepartament)
    VALUES ("Marian Bucos", "SI", "B226",
        (SELECT idDepartament FROM departamente WHERE numeDepartament
            = "ETc"));
```

Daca se utilizeaza INSERT multiplu sau INSERT de tip SELECT, in coloanele declarate NOT NULL pot fi setate valorile implicite corespunzatoare tipurilor de date ale coloanelor (0 pentru tipuri numarice, sirul vid ("") si valoarea 0 ("0000-00-00") pentru data calendaristica si timp.

4.4. Instructiunea UPDATE

Instructiunea UPDATE permite actualizarea (modificarea) valorilor pentru inregistrarile unor tabele.

Pentru instructiunea UPDATE pot fi utilizate urmatoarele doua sintaxe (prima sintaxa se utilizeaza pentru actualizarea inregistrarii dintr-un singur tabel, iar cea de-a doua pentru actualizarea inregistrarii din tabele multiple):

```
UPDATE [LOW_PRIORITY] [IGNORE] nume_tabel
    SET nume_coloana1={expresie1|DEFAULT} [, nume_coloana2={expresie2|DEFAULT}] ...
    [WHERE conditie_actualizare]
    [ORDER BY ...]
    [LIMIT numar_inregistrari]
```

```
UPDATE [LOW_PRIORITY] [IGNORE] referinte_tabele
    SET nume_coloana1={expresie1|DEFAULT} [, nume_coloana2={expresie2|DEFAULT}] ...
    [WHERE conditie_actualizare]
```

Clauzele corespunzatoare instructiunii UPDATE au urmatoarele semnificatii:

- **LOW_PRIORITY**
 - se utilizeaza pentru a intarzia scrierea efectiva a datelor in tabel, pana cand utilizatorii nu mai citesc date din tabel;
 - are acelasi efect ca si in cazul instructiunii INSERT;
- **IGNORE**
 - daca este utilizata aceasta clauza, instructiunea nu este intrerupta daca apar erori in timpul procesului de actualizare;
 - inregistrările pentru care apar conflicte de duplicarea a cheii nu sunt actualizate;
- **SET**
 - permite specificarea coloanelor pentru care se realizeaza actualizarea, precum si a valorilor corespunzatoare;
 - orice valoare poate fi specificata prin intermediul unei expresii sau prin intermediul cuvintului cheie DEFAULT, caz in care coloana primeste valoarea implicita;
- **WHERE**
 - indica o conditie logica care stabileste inregistrările care sunt actualizate;
 - daca aceasta clauza lipseste, vor fi actualizate toate inregistrările din tabel;

```
/* UPDATE
* cu conditie de actualizare
*/
```

```
UPDATE tutori
    SET gradTutor = "SI",
        birouTutor = "B227"
    WHERE numeTutor = "Mihai Onita";
```

```
/* UPDATE
* fara conditie de actualizare
```

```
* sunt modificate valorile din coloana adresaFacultate pentru toate inregistrările
*/
UPDATE facultati
    SET adresaFacultate = CONCAT(adresaFacultate, ", Timisoara");
```

- **ORDER**
 - daca aceasta clauza este prezenta, inregistrările sunt actualizate in ordinea specificata;
- **LIMIT**
 - stabileste o limita cu privire la numarul de inregistrari care pot fi actualizate.

```
/* UPDATE
* cu conditie de actualizare si limitare
* actualizarea se realizeaza doar pentru primele 2 inregistrari
*/
UPDATE tutori
    SET birouTutor = "B226B"
    WHERE birouTutor = "B226"
    LIMIT 2;
```

Pentru a utiliza aceasta instructiune este necesar privilegiul UPDATE pentru coloanele referite care urmeaza a fi modificate.

Pentru a actualiza inregistrari in tabele multiple este necesara cea de-a doua sintaxa, caz in care nu pot fi utilizate clauzele ORDER BY si LIMIT.

```
/* UPDATE
* tabele multiple
* actualizare inregistrari din tabelele facultati si departamente
*/
UPDATE facultati, departamente
    SET facultati.webFacultate = REPLACE(facultati.webFacultate,'ac.upt.ro','acs.upt.ro'),
        departamente.webDepartament = REPLACE(departamente.webDepartament,'upt.ro','acs.upt.ro')
    WHERE facultati.idFacultate = 2 AND departamente.idFacultate = 2;
```

4.5 Instructiunea DELETE

Instructiunea DELETE permite stergerea inregistrarii din tabele. La utilizarea instructiunii DELETE trebuie avut in vedere faptul ca datele sterse nu mai pot fi recuperate. Totusi, din motive de viteza, datele nu sunt efectiv sterse din fisiere, locul ocupat de ele fiind alocat pentru adaugarea de noi inregistrari, prin operatii de tip INSERT.

Pentru instructiunea DELETE pot fi utilizate urmatoarele doua sintaxe (prima sintaxa se utilizeaza pentru stergerea inregistrarii dintr-un singur tabel, iar cea de-a doua pentru stergerea inregistrarii din tabele multiple):

```
DELETE [LOW_PRIORITY] [IGNORE] FROM nume_tabel
    [WHERE conditie_stergere]
    [ORDER BY ...]
    [LIMIT numar_inregistrari]
```

```
DELETE [LOW_PRIORITY] [IGNORE]
    nume_tabel [, nume_tabel] ...
    FROM referinte_tabele
    [WHERE conditie_stergere]
```

Clauzele corespunzatoare instructiunii DELETE au urmatoarele semnificatii:

- **LOW_PRIORITY**
 - se utilizeaza pentru a intarzia stergerea efectiva a datelor din tabel, pana cand utilizatorii nu mai citesc date din tabel;
 - are acelasi efect ca si in cazul instructiunii INSERT;

5. Manipularea datelor in limbajul SQL - instructiuni specifice, exemple de instructiuni de manipulare a datelor. (curs 4 - 4.3, 4.4, 4.5)

3/3

- IGNORE
 - daca este utilizata aceasta clauza, instructiunea nu este intrerupta daca apar erori in timpul procesului de stergere;
- FROM
 - specifica tabelul (tabelele) din care vor fi sterse inregistrarile;
- WHERE
 - indica o conditie logica care stabileste inregistrarile care sunt sterse;
 - daca aceasta clauza lipseste, vor fi sterse toate inregistrarile din tabel;

```
/* DELETE
 * cu conditie de stergere
 */
DELETE
    FROM tutori
    WHERE gradTutor = "SI";
/* DELETE
 * fara conditie de stergere
 * sunt sterse toate inregistrarile din tabelul facultati
 */
DELETE
    FROM facultati;
```

- ORDER BY
 - daca aceasta clauza este prezenta, inregistrarile sunt sterse in ordinea specificata;
- LIMIT
 - stabileste o limita cu privire la numarul de inregistrari care pot fi sterse.

```
/* DELETE
 * cu conditie de stergere si limitare
 * sunt sterse doar primele 2 inregistrari
 */
DELETE
    FROM tutori
    WHERE birouTutor = "B226"
    LIMIT 2;
```

Pentru a utiliza aceasta instructiune este necesar privilegiul DELETE pentru tabelul din care sunt sterse inregistrarile.

Pentru a sterge inregistrari din tabele multiple este necesara cea de-a doua sintaxa, caz in care nu pot fi utilizate clauzele ORDER BY si LIMIT.

```
/* DELETE
 * tabele multiple
 * sterge inregistrari din tabelele tutori, cursuri, cursuriTutori aflate in legatura, pentru tutorul cu id-ul 2
 */
DELETE tutori, cursuri, tutoriCursuri
    FROM tutori, cursuri, tutoriCursuri
    WHERE tutori.idTutor = tutoriCursuri.idTutor AND
        cursuri.IdCurs = tutoriCursuri.idCurs AND
        tutori.idTutor = 1;
```

6. Interogarea datelor - instructiunea SELECT, expresia de selectie, clauze pentru filtrare, ordonarea datelor. (curs 5 - 5.1)

1/3

BD

5. Interogarea datelor

5.1 Instructiunea SELECT

5.2 Functii de sumarizare

5.3 Rularea de interogarii pe tabele multiple

5.1 Instructiunea SELECT

Instructiunea SELECT permite atat regasirea si vizualizarea datelor specifice tabelelor unor baze de date, cat si calcularea unor expresii.

Pentru instructiunea SELECT poate fi utilizata urmatoarea sintaxa:

```
SELECT
[ALL | DISTINCT]
[HIGH_PRIORITY]
expresie_select [, expresie_select ...]
FROM referinte_tabele
[WHERE conditie_selectie]
[GROUP BY {nume_coloana | expresie | pozitie_coloana}
[ASC | DESC], ...]
[HAVING conditie_grupare]
[ORDER BY {nume_coloana | expresie | pozitie_coloana}
[ASC | DESC], ...]
[LIMIT {[pozitie,] numar_inregistrari | numar_inregistrari OFFSET pozitie}]
[INTO OUTFILE 'nume_fisier' optiuni_export
| INTO DUMPFILE 'nume_fisier']
```

In general, clauzele dintr-o instructiune SELECT trebuie introduse in ordinea specificata in sintaxa. De exemplu, clauza HAVING trebuie plasata dupa GROUP BY si inaintea lui ORDER BY. Exceptie de la aceasta regula face clauza INTO, care poate aparea atat in pozitia specificata in sintaxa de mai sus, cat si dupa lista care cuprinde expresiile de selectie.

Clauzele corespunzatoare instructiunii SELECT au urmatoarele semnificatii:

- expresie selectie
 - poate cuprinde referinte la coloane sau la functii aplicate asupra coloanelor unui tabel;
 - un caz special il reprezinta caracterul (*), care semnifica includerea in rezultat a tuturor coloanelor dintr-un tabel;
 - un tabel din baza de date activa poate fi referit in mod direct prin numele lui, nume_tabel, sau prin nume_baza_date.nume_tabel, daca baza de date este specificata explicit;
 - o coloana dintr-un tabel al unei baze de date poate fi referita in trei moduri, astfel:
 - nume_coloana;
 - nume_tabel.nume_coloana;
 - nume_baza_date.nume_tabel.nume_coloana;

```
SELECT *
FROM universitate.tutori;
```

```
SELECT tutori.idTutor, tutori.numeTutor, tutori.birouTutor, tutori.idDepartament
FROM universitate.tutori;
```

```
SELECT idTutor, numeTutor, birouTutor, idDepartament
FROM universitate.tutori;
```

- ALL
 - permite colectarea tuturor inregistrarilor (chiar si a celor care se repeta - duplicate); daca nu se utilizeaza nici una din clauzele ALL sau DISTINCT, atunci implicit se considera ALL;

```
SELECT ALL birouTutor
FROM universitate.tutori;
```

- DISTINCT
 - permite eliminarea inregistrarilor duplicate din selectie;

```
SELECT DISTINCT birouTutor
FROM universitate.tutori;
```

- HIGH_PRIORITY
 - aceasta clauza ofera prioritate instructiunii curente (de tip SELECT), in defavoarea unor instructiuni de tip INSERT sau UPDATE;
- FROM
 - indica tabelul sau tabelele din care sunt colectate inregistrarile; in cazul in care sunt specificate mai multe tabele, operatia este denumita JOIN;
- WHERE
 - specifica o conditie pe care inregistrarile trebuie sa o indeplineasca pentru a fi selectate;
 - daca nu este precizata o conditie de selectie, sunt selectate toate inregistrarile;
 - conditia logica din clauza WHERE poate utiliza orice functie sau operator disponibil in MySQL, cu exceptia functiilor de sumarizare;

```
SELECT *
FROM universitate.cursuri
WHERE anScolarCurs = 2;
```

- GROUP BY
 - specifica numele unor coloane, expresii sau pozitii ale unor coloane din tabel, care definesc grupuri de inregistrari; in general, expresia de grupare este reprezentata de o singura coloana;

6. Interogarea datelor - instructiunea SELECT, expresia de selectie, clauze pentru filtrare, ordonarea datelor. (curs 5 - 5.1) 2/3

- un grup include toate inregistrările din tabel, care prezintă aceeași valoare pentru expresia de grupare;
- dacă clauza GROUP BY lipsește, iar în lista cu expresii de selecție apar funcții de sumarizare, se consideră că toate înregistrările fac parte din același grup;
- prin utilizarea clauzei GROUP BY, înregistrările din rezultat sunt ordonate după coloanele precizate în expresia de grupare, în mod similar aplicării clauzei ORDER BY; pentru a evita acest lucru sintaxa trebuie să includă ORDER BY NULL;

```
SELECT birouTutor, gradTutor, count(*)
FROM universitate.tutori
GROUP BY birouTutor, gradTutor;
```

```
SELECT birouTutor, gradTutor, count(*)
FROM universitate.tutori
GROUP BY birouTutor, gradTutor
ORDER BY NULL;
```

- MySQL extinde clauza GROUP BY, astfel încât pot fi utilizați parametrii ASC și DESC după coloanele din expresia de grupare;
- HAVING
 - clauza HAVING se utilizează împreună cu GROUP BY, pentru a selecta un anumit grup de înregistrări;
 - dacă clauza WHERE se utilizează pentru a filtra înregistrările rezultate în urma rularii unei interogări, clauza HAVING permite filtrarea înregistrărilor obținute prin aplicarea funcțiilor de sumarizare; diferența între cele două clauze amintite anterior este dată de faptul că HAVING filtrează înregistrările din rezultat, după ce acestea au fost grupate;
 - clauza HAVING poate referi coloane specificate în expresiile de selecție, coloane introduse de GROUP BY și funcții de sumarizare (clauza WHERE nu poate referi funcții de sumarizare); totuși în standardul SQL, clauza HAVING nu poate referi decât coloanele specificate în GROUP BY sau funcții de sumarizare;

```
SELECT birouTutor, gradTutor, count(*) as numarTutoriGrad
FROM universitate.tutori
GROUP BY birouTutor DESC, gradTutor
HAVING numarTutoriGrad = 2;
```

- ORDER BY
 - permite ordonarea înregistrărilor din rezultat, după anumite coloane;
 - dacă este specificată o listă de valori întregi, acestea vor fi interpretate ca fiind numerele de ordine ale coloanelor din lista care cuprinde expresiile de selecție (prima coloană are alocat indexul 1);

```
SELECT gradTutor, birouTutor, numeTutor
FROM universitate.tutori
ORDER BY 1, 2, 3;
```

- ordonarea se face după prima coloană specificată în clauza ORDER BY; dacă două înregistrări prezintă aceeași valoare în prima coloană, ordonarea se face luând în calcul restul de coloane din clauza ORDER BY (dacă acestea sunt specificate);

```
SELECT gradTutor, birouTutor, numeTutor
FROM universitate.tutori
ORDER BY gradTutor, birouTutor, numeTutor;
```

- parametrii ASC și DESC indică ordonarea crescătoare, respectiv descrescătoare a înregistrărilor din rezultat; dacă nu este specificat nici unul din parametrii ASC, DESC, ordonarea se face în ordine crescătoare;

```
SELECT gradTutor, birouTutor, numeTutor
FROM universitate.tutori
ORDER BY gradTutor DESC, 3 ASC;
```

```
SELECT gradTutor, birouTutor, numeTutor
FROM universitate.tutori
ORDER BY gradTutor DESC, SUBSTRING_INDEX(numeTutor, ' ', -1) ASC;
```

- LIMIT
 - clauza LIMIT poate fi utilizată pentru a controla numărul de înregistrări returnate prin intermediul instrucțiunii SELECT;
 - în cadrul acestei clauze pot fi utilizate unul sau două argumente întregi, pozitive;
 - dacă utilizează ambele argumente, clauza LIMIT indică poziția primei înregistrări returnate în rezultat (primul argument) și numărul maxim de înregistrări returnate (cel de-al doilea argument);

```
SELECT idTutor, numeTutor, gradTutor, birouTutor
FROM universitate.tutori
LIMIT 2,3;
```

```
SELECT idTutor, numeTutor, gradTutor, birouTutor
FROM universitate.tutori
LIMIT 0,3;
```

- poziția primei înregistrări din listă este 0; dacă nu este specificat primul argument, acesta se consideră 0; sintaxa *LIMIT numar_inregistrari* este echivalentă cu *LIMIT 0, numar_inregistrari*;

```
SELECT idTutor, numeTutor, gradTutor, birouTutor
FROM universitate.tutori
LIMIT 3;
```


6. Interogarea datelor - instructiunea SELECT, expresia de selectie, clauze pentru filtrare, ordonarea datelor. (curs 5 - 5.1)

3/3

- INTO OUTFILE

- prin intermediul acestei clauze este specificat un fisier in care sunt salvate inregistrările rezultate in urma rularii instructiunii SELECT;
- implicit, fisierul este creat pe server, in locatia corespunzatoare datelor pentru serverul MySQL; pentru a utiliza aceasta clauza este necesar privilegiul FILE;

```
SELECT *
FROM universitate.tutori
INTO OUTFILE 'tutori.txt'
FIELDS TERMINATED BY '\t'
OPTIONALLY ENCLOSED BY '"'
LINES TERMINATED BY '\n';
```

- SELECT ... INTO OUTFILE este complementul instructiunii LOAD DATA INFILE (permite *inserarea* de linii de date dintr-un fisier text intr-un tabel al unei baze de date);
- optiunile de export includ clauze de tip FIELDS si LINES din instructiunea LOAD DATA INFILE;

```
1 Marian Bucos SI B226 1
2 Radu Vasiu Prof A210 1
3 Lucian Jurca Conf Electro2 2
4 Diana Andone Asoc A210 1
5 Alexandru Isar Prof B228 1
6 Bogdan Dragulescu Drd B225 1
7 Mihai Onita As B226 1
8 Iasmina Ermalai As B226 1
9 Doru Paunescu Prof 6
10 Dusan Popov Prof &nbsp; C303 7
11 Vasile Duran Prof 8
```

- daca se doreste salvarea fisierului cu rezultate, pe statia client, atunci trebuie utilizata urmatoarea instructiune;

```
mysql -h localhost -u root -p -e "SELECT * FROM universitate.tutori" >tutori.txt
Enter password: *****
```

- INTO DUMPFIL

- permite salvarea unei singure inregistrari intr-un fisier text, fara formatare;
- aceasta clauza este utila daca se doreste salvarea unei valori de tip BLOB intr-un fisier text.

Atat pentru referirea unui tabel, cat si pentru referirea coloanelor unui tabel pot fi utilizate denumiri alternative, numite alias-uri. De exemplu, o referinta la un tabel poate fi redenumita astfel: *nume_tabel AS nume_alias* sau *nume_tabel nume_alias*.

```
SELECT alias_tabel.nume_coloana [AS] alias_coloana, ...
FROM nume_tabel [AS] alias_tabel
[GROUP BY alias_coloana, ...]
[ORDER BY alias_coloana, ...]
```

Alias-urile definite pentru coloanele specificate in expresiile de selectie, ale unei instructiuni SELECT, pot fi utilizate in clauzele ORDER BY si GROUP BY. In plus, alias-ul definit pentru un tabel poate fi utilizat si in clauze WHERE.

```
SELECT
f.idFacultate as id, f.numeFacultate as nume, f.adresaFacultate adresa, f.webFacultate web
FROM universitate.facultati AS f
ORDER BY nume;
```

```
SELECT
f.idFacultate as id, f.numeFacultate as nume, f.adresaFacultate adresa, f.webFacultate web
FROM universitate.facultati AS f
WHERE f.adresaFacultate LIKE '%Parvan%'
ORDER BY nume;
```

5.2 Functii de sumarizare

Funcțiile de sumarizare se utilizează pentru a extrage informații globale cu privire la datele din tabelele unei baze de date. Informațiile de sumarizare sunt extrase pe grupuri de inregistrari; nu au sens decat in contextul gruparii datelor.

Pentru a introduce functii de sumarizare, intr-o instructiune SELECT este utilizata clauza GROUP BY.

Urmatorul tabel include principalele functii de sumarizare, disponibile in MySQL.

Funcție	Semnificatie
COUNT(*)	returneaza numarul de inregistrari pentru fiecare grup
COUNT(expresie)	returneaza numarul de inregistrari care prezinta valoarea expresiei pentru fiecare grup
AVG(expresie)	returneaza media aritmetica a valorilor expresiei pentru fiecare grup
MIN(expresie)	returneaza valoarea minima a expresiei pentru fiecare grup
MAX(expresie)	returneaza valoarea maxima a expresiei pentru fiecare grup
SUM(expresie)	returneaza suma valorilor expresiei pentru fiecare grup

```
/*
*COUNT(*)
* determina numarul de facultati de la o adresa
*/
```

7. Rularea de interogari pe tabele multiple - utilitate, tipuri de operatii JOIN, modalitati de stabilire a legaturii. (curs 5 - 5.3)

1/3

```
SELECT
[ALL | DISTINCT]
expresie_select [, expresie_select ...]
FROM referinte_tabele
[WHERE conditie_join AND conditie_selectie]
[GROUP BY {nume_coloana | expresie | pozitie_coloana}
[ASC | DESC], ...]
[HAVING conditie_grupare]
[ORDER BY {nume_coloana | expresie | pozitie_coloana}
[ASC | DESC], ...]
[LIMIT {[pozitie,] numar_inregistrari | numar_inregistrari OFFSET pozitie}]
```

In expresiile de selectie sunt specificate coloanele care fac parte din rezultat. Acestea pot apartine unuia din tabelele indicate in referinte tabele. Daca exista coloane in rezultat care au acelasi nume, ele trebuie prefixate cu numele tabelului din care provin. In general, se prefera utilizarea alias-urilor pentru a simplifica sintaxa.

Referintele la tabele indica coloanele din care sunt preluate datele. Unele din tabelele precizate in referite tabele pot stabili doar legatura intre alte tabele, neavand nici o coloana specificata in rezultat.

Legatura intre tabele este realizata prin intermediul unei conditii logice, astfel:

```
tabel1.cheie_externa = tabel2.cheie_primara
```

5.3 Rularea de interogari pe tabele multiple

In urma procesului de normalizare rezulta baze de date care contin tabele aflate in legatura. Din acest motiv, colectarea datelor dintr-un singur tabel nu este suficienta. Pentru a extrage date complete din tabelele unei baze de date, in instructiunea SELECT, este utilizata clauza JOIN.

Prin intermediul clauzei JOIN, instructiunea SELECT permite regasirea si vizualizarea datelor din tabele intre care sunt stabilite legaturi (operatorul JOIN din algebra relationala).

In acest caz, pot fi realizate doua tipuri de JOIN:

- INNER JOIN
 - include in rezultat doar inregistrarile care au corespondenta in toate tabele;
 - daca referintele la tabele cuprind doar tabele despartite prin virgula, se considera implicit o operatie de INNER JOIN;
- OUTER JOIN
 - include in rezultat toate inregistrarile, indiferent daca au sau nu corespondent in toate tabele;
 - va completa automat valorile pentru coloanele care lipsesc din tabele cu valoarea NULL.

O prima modalitate de implementare a unei operatii de tip INNER JOIN presupune specificarea in clauza FROM a tabelelor din care se preiau datele si a coloanelor care fac parte din rezultat, in expresiile de selectie.

Forma simplificata a sintaxei instructiunii SELECT, in acest caz, este urmatoarea:

```
SELECT
f.idfacultate, f.numFacultate, c.idCurs, c.denumireCurs
FROM universitate.facultati f, universitate.cursuriFacultati cf, universitate.cursuri c
WHERE cf.idFacultate = f.idFacultate && cf.idCurs = c.idCurs;
```

Instructiunea SELECT de mai sus poate fi rescrisa, astfel incat sa utilizeze clauza JOIN, pentru a specifica explicit tipul de JOIN (INNER JOIN):

```
SELECT
f.idfacultate, f.numFacultate, c.idCurs, c.denumireCurs
FROM universitate.facultati f INNER JOIN universitate.cursuriFacultati cf
ON cf.idFacultate = f.idFacultate
INNER JOIN universitate.cursuri c
ON cf.idCurs = c.idCurs;
```

```
SELECT
f.idfacultate, f.numFacultate, c.idCurs, c.denumireCurs
FROM
universitate.facultati f JOIN universitate.cursuriFacultati cf JOIN universitate.cursuri c
WHERE cf.idFacultate = f.idFacultate && cf.idCurs = c.idCurs;
```

7. Rularea de interogari pe tabele multiple - utilitate, tipuri de operatii JOIN, modalitati de stabilire a legaturii. (curs 5 - 5.3)

2/3

Forma simplificata a sintaxei instructiunii SELECT, in cazul utilizarii clauzei JOIN, este urmatoarea:

```
SELECT
[ALL | DISTINCT]
expresie_select [, expresie_select ...]
FROM
referinta_tabel [INNER] JOIN referinta_tabel [conditie_join]
| referinta_tabel {LEFT|RIGHT} [OUTER] JOIN referinta_tabel conditie_join
[WHERE [conditie_join AND] conditie_selectie]
[GROUP BY {nume_coloana | expresie | pozitie_coloana}
[ASC | DESC], ...]
[HAVING conditie_grupare]
[ORDER BY {nume_coloana | expresie | pozitie_coloana}
[ASC | DESC], ...]
[LIMIT {[pozitie,] numar_inregistrari | numar_inregistrari OFFSET pozitie}]
```

```
conditie_join:
ON expresie_conditionala
| USING (lista_coloane)
```

In aceasta sintaxa pot fi observate si cele doua tipuri de OUTER JOIN care pot fi utilizate la selectarea datelor din tabele multiple: LEFT OUTER JOIN, respectiv RIGHT OUTER JOIN.

OUTER JOIN

- LEFT OUTER JOIN
 - include in rezultat si inregistrarile din tabelul din partea stanga care nu au corespondent in tabelul din partea dreapta a relatiei;
- RIGHT OUTER JOIN
 - include in rezultat si inregistrarile din tabelul din partea dreapta care nu au corespondent in tabela din partea stanga a relatiei.

```
/*
* LEFT OUTER JOIN
* selecteaza facultatile indiferent daca au sau nu asociate cursuri
* legatura este stabilita prin clauza ON
*/
SELECT
f.idfacultate, f.numFacultate, c.idCurs, c.denumireCurs
FROM universitate.facultati f LEFT OUTER JOIN universitate.cursuriFacultati cf
ON cf.idFacultate = f.idFacultate
LEFT OUTER JOIN universitate.cursuri c
ON cf.idCurs = c.idCurs;
```

Legatura intre tabele poate fi stabilita prin intermediul clauzelor din conditia de join: ON si USING. Clauza USING este utilizata in cazul in care legatura intre doua tabele este realizata prin coloane care detin acelasi nume in ambele tabele. Clauza ON este mult mai explicita, precizand o expresie conditionala in care sunt precizate coloanele care stabilesc legatura, astfel:

```
tabel1.chaie_externa = tabel2.cheie_primara
```

```
/*
* LEFT OUTER JOIN
* selecteaza facultatile indiferent daca au sau nu asociate cursuri
* legatura este stabilita prin clauza ON
*/
SELECT
f.idfacultate, f.numFacultate, c.idCurs, c.denumireCurs
FROM universitate.facultati f LEFT OUTER JOIN universitate.cursuriFacultati cf
USING (idFacultate)
LEFT OUTER JOIN universitate.cursuri c
USING (idCurs);
```

Clauzele introduse prin intermediul sintaxei generale a instructiunii SELECT au aceeasi semnificatie, si in cazul utilizarii lor in operatii de JOIN.

```
/*
* LEFT OUTER JOIN
* GROUP BY
* selecteaza facultatile indiferent daca au sau nu cursuri
* determina numarul de cursuri pentru fiecare facultate
* daca o facultate nu are cursuri este returnata valoarea 0
*/
SELECT
f.idfacultate, f.numFacultate, count(c.idCurs) AS numarCursuri
FROM universitate.facultati f LEFT OUTER JOIN universitate.cursuriFacultati cf
USING (idFacultate)
LEFT OUTER JOIN universitate.cursuri c
USING (idCurs)
GROUP BY f.numFacultate;
```

Urmatoarele doua instructiuni SELECT ofera acelasi rezultat, chiar daca prima este implementata printr-un OUTER JOIN, iar cea de-a doua prin intermediul unui INNER JOIN.

In primul caz, sunt selectate toate facultatile indiferent daca au sau nu cursuri, determinandu-se totodata si numarul de cursuri corespunzator fiecarei facultati. Prin aplicarea unei clauze HAVING rezultatul este filtrat, pentru a cuprinde doar facultatile pentru care numarul de cursuri este diferit de zero.

```
SELECT
f.idfacultate, f.numFacultate, count(c.idCurs) AS numarCursuri
FROM universitate.facultati f LEFT OUTER JOIN universitate.cursuriFacultati cf
USING (idFacultate)
LEFT OUTER JOIN universitate.cursuri c
USING (idCurs)
GROUP BY f.numFacultate
HAVING numarCursuri != 0;
```

7. Rularea de interogari pe tabele multiple - utilitate, tipuri de operatii JOIN, modalitati de stabilire a legaturii. (curs 5 - 5.3)

3/3

A doua instructiune selecteaza toate facultatile care au un cursuri alocate prin intermediul unui INNER JOIN.

```
SELECT  
  f.idfacultate, f.numFacultate, count(c.idCurs) AS numarCursuri  
FROM universitate.facultati f INNER JOIN universitate.cursuriFacultati cf  
  USING (idFacultate)  
INNER JOIN universitate.cursuri c  
  USING (idCurs)  
GROUP BY f.numFacultate;
```

8. Sistemul de privilegii MySQL - componentele sistemului de privilegii, principiul minimului de privilegii necesare, nivele de privilegii. (curs 6 - 6.1)

BD

6. Securitatea bazelor de date. Tehnici SQL avansate

- 6.1 Sistemul de privilegii
- 6.2 Acordarea privilegiilor
- 6.3 Verificarea si retragerea privilegiilor
- 6.4 Procesuri stocate
- 6.5 Vizualizari

6.1 Sistemul de privilegii

Sistemul de privilegii MySQL cuprinde doua componente principale: autentificarea utilizatorilor si autorizarea actiunilor desfasurate de acestia. Are la baza o serie de privilegii, care reprezinta drepturile utilizatorilor de a actiona intr-un anumit fel asupra obiectelor de pe serverul de baze de date.

Numele de utilizatori si parolele corespunzatoare conturilor de pe un server MySQL sunt pastrate separat si nu au nici o legatura cu conturile specifice sistemelor de operare pe care ruleaza serverul. MySQL utilizeaza pentru criptarea parolelor un algoritm ireversibil, diferit de cel utilizat in sistemele de operare (UNIX, Windows).

La instalarea serverului de baze de date MySQL este creat automat un utilizator, numit root, care are toate drepturile activate. Pentru fiecare utilizator care va interactiona cu serverul trebuie creat un nou cont.

Pentru crearea si administrarea conturilor de pe un server de baze de date trebuie avut in vedere *principiul minimului de privilegii necesare*. Principiul minimului de privilegii necesare precizeaza ca un utilizator (sau proces) trebuie sa aiba cel mai scazut nivel de privilegii, suficient pentru a putea executa sarcinile care i-au fost alocate.

Informatiile despre privilegii sunt stocate pe un server MySQL in tabelele user, host, tables_priv, respectiv column_priv, din baza de date mysql. Serverul MySQL va accesa aceste informatii ori de cate ori sistemul de privilegii trebuie sa actioneze.

Pentru serverul de baze de date MySQL sunt definite urmatoarele privilegii:

Privilegiu	Semnificatie
ALL [PRIVILEGES]	acorda toate privilegiile, cu exceptia lui GRANT OPTION, penru un anumit domeniu
ALTER	permite utilizarea instructiunii ALTER TABLE
ALTER ROUTINE	permite modificarea si stergerea rutinelor stocate
CREATE	permite crearea bazelor de date si a tabelelor
CREATE ROUTINE	permite crearea rutinelor stocate
CREATE TEMPORARY TABLES	permite utilizarea instructiunii CREATE TEMPORARY TABLE

CREATE USER	permite utilizarea instructiunilor CREATE USER, DROP USER, RENAME USER si REVOKE ALL PRIVILEGES
CREATE VIEW	permite crearea si modificarea vizualizarilor
DELETE	permite utilizarea instructiunii DELETE
DROP	permite stergerea bazelor de date, a tabelelor si a vizualizarilor
EVENT	permite utilizarea evenimentelor
EXECUTE	permite rularea rutinelor stocate
FILE	permite citirea din fisiere sau scrierea in fisiere
GRANT OPTION	permite acordarea si retragerea privilegiilor
INDEX	permite crearea si stergerea de indecsi
INSERT	permite utilizarea instructiunii INSERT
LOCK TABLES	permite utilizarea instructiunii LOCK TABLES
PROCESS	permite vizualizarea proceselor cu SHOW PROCESSLIST
REFERENCES	nu este implementat
RELOAD	permite utilizarea operatiilor de tip FLUSH
REPLICATION CLIENT	permite identificarea serverelor de tip master sau slave
REPLICATION SLAVE	permite accesarea evenimentelor de pe serverul master
SELECT	permite utilizarea instructiunii SELECT
SHOW DATABASES	permite afisarea bazelor de date prin SHOW DATABASES
SHOW VIEW	permite afisarea vizualizarilor
SHUTDOWN	permite rularea comenzii mysqladmin shutdown
SUPER	permite utilizarea operatiilor administrative, precum CHANGE MASTER TO, KILL, PURGE BINARY LOGS, SET GLOBAL si a comenzii mysqladmin debug
TRIGGER	permite crearea si stergerea obiectelor de tip trigger
UPDATE	permite utilizarea instructiunii UPDATE
USAGE	sinonim cu nici un privilegiu

9. Vizualizari - definire concept, avantaje, rularea unei vizualizari, utilitate vizualizari actualizabile. (curs 6 - 6.5)

1/2

6.5 Vizualizari

O *vizualizare* (view) reprezinta o interogare de tip SELECT care a fost denumita si salvata in baza de date, motiv pentru care mai poate fi intalnita si sub numele de *interogare cu nume* sau *interogare stocata*.

Vizualizarile sunt salvate in baza de date si sunt rulate cu ajutorul instructiunii SELECT. Ele nu ocupa spatiu pentru stocarea datelor si nici nu creeaza copii redundante ale datelor stocate in tabelele referite (tabele de baza ale vizualizarilor).

In mod similar tabelelor, vizualizarile pot fi create, interogate, modificate sau sterse. Vizualizarile pot referi atat tabele, cat si alte vizualizari.

O vizualizare indica un tabel virtual care contine campuri si inregistrari. Datele continute sunt generate dinamic pe baza unor tabele. Daca se modifica datele din tabelele sursa, atunci se modifica si datele din vizualizare.

MySQL asigura suport pentru vizualizari incepand cu versiunea 5.x.

Vizualizarile asigura o serie de avantaje, printre care pot fi amintite:

- simplifica interogarile complexe; o vizualizare poate fi utilizata pentru a ascunde utilizatorilor finali complexitatea tabelelor sursa;
- sunt rulate prin intermediul instructiunii SELECT;
- limiteaza accesul la date pentru anumiți utilizatori;
- asigura securitate sporita; exista posibilitatea de a crea vizualizari care pot fi doar citite de utilizatori;
- permit introducerea de campuri calculate.

In MySQL, sintaxa utilizata pentru crearea unei vizualizari este urmatoarea:

```
CREATE
[OR REPLACE]
[DEFINER = { utilizator | CURRENT_USER }]
[SQL SECURITY { DEFINER | INVOKER }]
VIEW
nume_vizualizare [(lista_coloane)]
AS instructiune_select
```

Clauzele corespunzatoare instructiunii CREATE VIEW au urmatoarele semnificatii:

- OR REPLACE

- daca este prezenta, clauza optionala OR REPLACE permite inlocuirea (recrearea) unei vizualizari; in cazul recrearii unei vizualizari fara utilizarea optiunii OR REPLACE este generata o eroare;
- clauza nu este necesara daca nu exista nici o vizualizare cu numele specificat;
- DEFINER
 - clauzele DEFINER si SQL SECURITY specifica contul MySQL care urmeaza a fi utilizat pentru a verifica privilegiile asupra vizualizarii, la rularea instructiunii care refera vizualizarea;
 - daca pentru clauza DEFINER este specificata o valoare, aceasta trebuie sa corespunda unui utilizator de pe serverul MySQL (*user_name@host_name*);
 - valoare implicita pentru clauza DEFINER este aceeași cu numele utilizatorului care executa instructiunea CREATE VIEW;
- SQL SECURITY
 - valorile permise pentru clauza SQL SECURITY sunt DEFINER si INVOKER; acestea indica faptul ca privilegiile necesare trebuie sa fie detinute de utilizatorul care defineste sau invoca vizualizarea;
 - valoarea implicita pentru clauza SQL SECURITY este DEFINER;
 - daca valoarea corespunzatoare clauzei SQL SECURITY este DEFINER si contul indicat in clauza DEFINER nu exista cand vizualizarea este referita, atunci este generata o eroare.

O vizualizare apartine unei baze de date. Implicit, o vizualizare noua este creata in baza de date activa. Pentru a specifica explicit baza de date in care urmeaza a fi creata vizualizarea, la creare, aceasta trebuie sa aibe o denumire de genul *nume_baza_date.nume_vizualizare*.

Tabelele de baza si vizualizarile apartin aceluiasi spatiu de nume, definit de catre baza de date, deci o baza de date nu poate contine o tabela si o vizualizare care sa aibe acelasi nume.

Vizualizarile trebuie sa contina nume unice de coloane, fara duplicate, in mod similar tabelelor. Implicit, numele coloanelor returnate prin intermediul instructiunii SELECT sunt utilizate pentru numele coloanelor din vizualizare. Pentru a defini explicit numele coloanelor din vizualizare, poate fi utilizata optiunea *lista_coloane*, care contine o lista de identificatori separati prin virgula. Numarul de identificatori din *lista_coloane* trebuie sa fie acelasi cu numarul de coloane returnate de instructiunea SELECT.

Urmatoarul exemplu defineste o vizualizare care selecteaza datele cu privire la cursurile corespunzatoare facultatilor dintr-o universitate.

```
CREATE
OR REPLACE
DEFINER = root@'localhost'
SQL SECURITY DEFINER
VIEW
universitate.viewCursuriFacultati
AS
SELECT
f.idfacultate, f.numeFacultate, count(c.idCurs) AS numarCursuri
FROM universitate.facultati f LEFT OUTER JOIN universitate.cursuriFacultati cf
USING (idFacultate)
LEFT OUTER JOIN universitate.cursuri c
USING (idCurs)
GROUP BY f.numeFacultate;
```

9. Vizualizari - definire concept, avantaje, rularea unei vizualizari, utilitate vizualizari actualizabile. (curs 6 - 6.5)

2/2

Denumirea unei vizualizari poate fi utilizata in mod similar numelui unui tabel, intr-o interogare SELECT. Dupa stocare, o vizualizare poate fi utilizata fara a mai rescrie interogările de tip SELECT pe care le contine.

Cea mai simpla modalitate de utilizare a unei vizualizari o constituie interogarea ei, dar o vizualizare poate fi utilizata si pentru a scrie portiuni dintr-o interogare.

```
SELECT
    idFacultate, numeFacultate, numarCursuri
FROM universitate.viewCursuriFacultati;
```

Sintaxa utilizata pentru stergerea unei vizualizari este urmatoarea:

```
DROP VIEW [IF EXISTS]
    nume_vizualizare [, nume_vizualizare] ...
```

Instructiunea DROP VIEWS sterge una sau mai multe vizualizari. Pentru a utiliza aceasta instructiune utilizatorul trebuie sa detina privilegiul DROP pentru vizualizarile care urmeaza a fi sterse. Daca una din vizualizarile din lista nu exista, va fi returnat un mesaj de eroare pentru vizualizarea care nu exista, iar restul de vizualizari sunt sterse.

Clausa IF EXISTS inhiba afisarea mesajului de eroare care apare la incercarea de stergere a unei vizualizari care nu exista. Daca aceasta clauza este prezenta, pentru orice vizualizare care nu exista este generat un WARNING.

Modificarea definitiei pentru o vizualizare poate fi realizata cu ajutorul lui ALTER VIEW, care prezinta urmatoarea sintaxa.

```
ALTER
    [DEFINER = { utilizator | CURRENT_USER }]
    [SQL SECURITY { DEFINER | INVOKER }]
    VIEW nume_vizualizare [(lista_coloane)]
    AS instructiune_select
```

Se poate observa ca aceasta instructiune este similara cu CREATE VIEW si are acelasi efect cu CREATE OR REPLACE VIEW. Instructiunea ALTER VIEW necesita prezenta privilegiilor CREATE VIEW si DROP, dar si privilegiu pentru fiecare coloana referita in SELECT.

Pe langa vizualizarile de tip read-only, pot fi definite si vizualizari actualizabile. Acestea pot fi utilizate in instructiuni de tip UPDATE, DELETE sau INSERT pentru a actualiza continutul tabelului de baza. O vizualizare este actualizabila, daca intre inregistrările vizualizării si cele ale tabelului de baza este stabilita o relatie de tip 1 la 1. Pentru a crea o astfel de vedere este necesara, in plus, verificarea instructiunii SELECT dupa un set de reguli:

- instructiunea SELECT nu poate referi mai mult de un tabel;
- instructiunea SELECT nu poate utiliza clauze, precum GROUP BY sau HAVING;
- instructiunea SELECT nu poate utiliza clauza DISTINCT in lista de selectie;
- instructiunea SELECT nu poate contine expresii (functii de sumarizare, functii, campuri calculate).

Consideram urmatoarea vizualizare, *universitate.viewContacte*, care preia telefonul si adresa Web din tabelul *universitate.facultati*.

```
CREATE VIEW universitate.viewContacte
AS
    SELECT f.idFacultate, f.telefonFacultate, f.webFacultate
    FROM universitate.facultati AS f;
```

Putem observa ca aceasta vizualizare respecta regulile expuse anterior. Datele din vedere pot fi obtinute foarte simplu, astfel:

```
SELECT * FROM universitate.viewContacte;
```

Daca dorim sa modificam terminatiile pentru adresele Web ale facultatilor localizate in Timisoara (din upt.ro in upt.tm.ro), este de ajuns sa rulam o instructiune UPDATE cu urmatoarea forma:

```
UPDATE universitate.viewContacte
    SET webFacultate = REPLACE(webFacultate, 'upt.ro', 'upt.tm.ro')
    WHERE telefonFacultate LIKE ('+40.256%');
```

Modificarile pot fi sesizate atat prin accesarea tabelului de baza, cat si prin accesarea vizualizării:

```
SELECT * FROM universitate.facultati;
SELECT * FROM universitate.viewContacte;
SELECT * FROM universitate.viewContacte
    WHERE telefonContact LIKE ('+40.256%');
```

Daca o vizualizare actualizabila este utilizata intr-o instructiune de tip UPDATE, INSERT sau DELETE valorile din tabelul de baza vor fi actualizate.

10. Aplicatii Web dinamice - arhitectura client-server corespunzatoare: componente, schema, operatii. (curs 7 - 7.2)

Fig.1 Arhitectura client-server

7.2. Arhitectura client-server

Internetul s-a dezvoltat având la bază arhitectura client-server. Într-o arhitectură de tip client-server un calculator rulează aplicații software, denumite clienți, care interacționează cu alte aplicații software, denumite servere, ce sunt localizate pe un alt calculator.

Cliantul trimite o cerere către un server pentru a primi un răspuns. Acest proces se desfășoară după cum urmează: clientul inițiază o cerere către server, așteaptă un răspuns de la server, primește răspunsul de la server și returnează răspunsul utilizatorului într-un anumit format.

Server-ul nu acționează decât în cazul în care sunt primite cereri de la clienți și transmite date doar dacă sunt respectate anumite reguli. Pe baza cererii realizate de client, server-ul va analiza și va răspunde acestuia. Se mai poate spune că serverul oferă servicii clienților din rețea, sau că server-ul produce resurse, iar clientul consumă aceste resurse.

Server-ul răspunde cererilor făcute de fiecare stație client pentru informații și resurse, realizând concomitent atât controlul distribuției informației, cât și managementul optimizat al proceselor. Printre elementele care stau la baza arhitecturii client-server pot fi amintite: delimitarea netă dintre serviciile de prezentare și cele de manipulare a informațiilor și flexibilitatea în ceea ce privește dezvoltările ulterioare implementării.

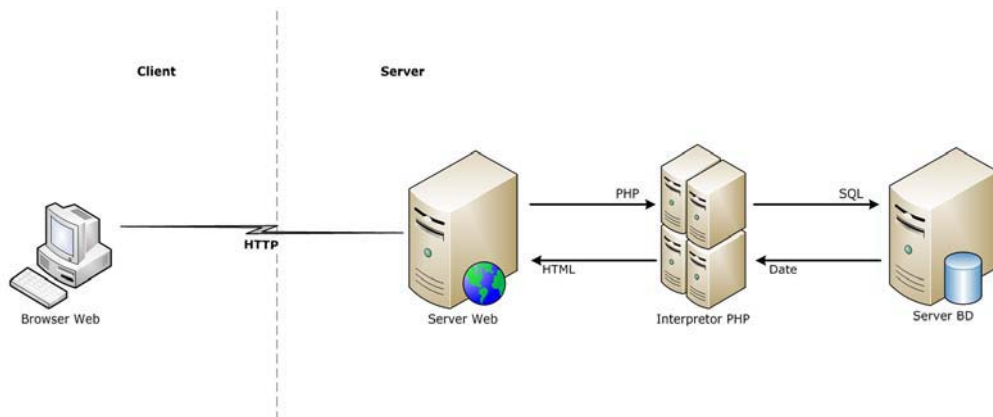
În cazul aplicațiilor Web, clientul este reprezentat de un browser Web (Mozilla Firefox, Internet Explorer, Safari, Opera, Google Chrome). Acesta interacționează cu server-ul Web prin intermediul unui set de instrucțiuni numite protocoale. Protocolul de bază pentru Web este HTTP - HyperText Transport Protocol. Protocoalele ajută la transferul datelor prin cereri realizate de către client și răspunsuri furnizate de către server. Un server Web va furniza clientului codul HTML al paginii Web cerute.

Aplicațiile Web dinamice discutate în acest curs presupun existența unei arhitecturi formate din: browser Web, Internet, server Web Apache, server de baze de date MySQL, interpretor PHP.

Din momentul în care utilizatorul accesează o pagină Web dinamică (.php), și până în momentul în care rezultatul este returnat înapoi la utilizator, au loc următoarele operații:

- prin intermediul unui browser Web, se transmite o cerere HTTP către server-ul Web;
- server-ul Web primește cererea, caută fișierul corespunzător și îl plasează interpretorului PHP;
- dacă, în timpul procesării, interpretorul PHP găsește o comandă de conectare la un server de bază de date, atunci este deschisă o conexiune la server-ul MySQL;
- server-ul de bază de date primește o interogare, o procesează și transmite rezultatul interpretorului PHP;
- după interpretare va rezulta o pagină ce conține cod HTML (și eventual JavaScript) ce este returnată server-ului Web;
- server-ul Web trimite către browser-ul utilizatorului codul HTML.

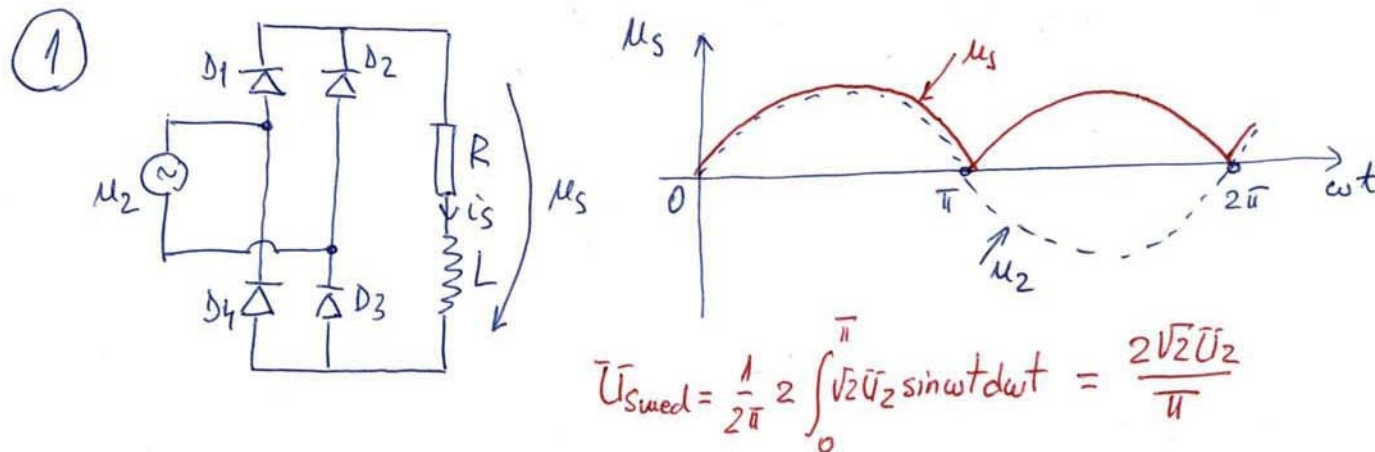
Procesul de transfer a fișierelor de la server la client poartă denumirea de download, în timp ce procesul invers, ce permite transferul fișierelor de la client la server, poartă denumirea de upload.



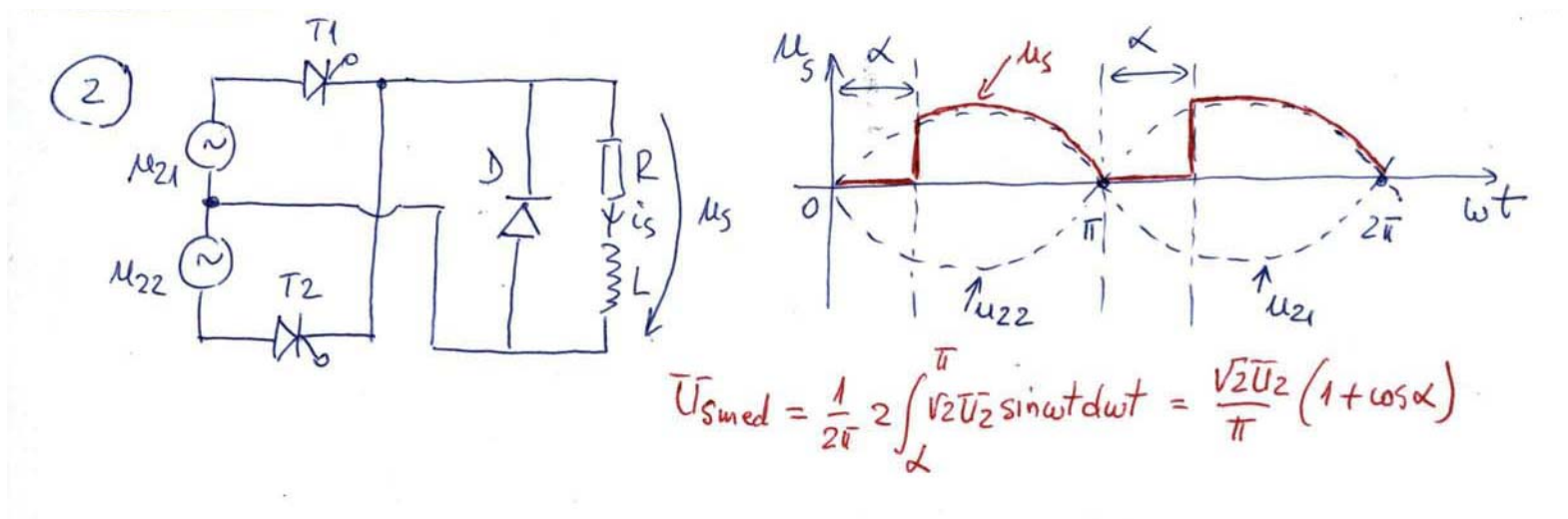
ELECTRONICĂ DE PUTERE

ANUL 3, SEMESTRUL 5

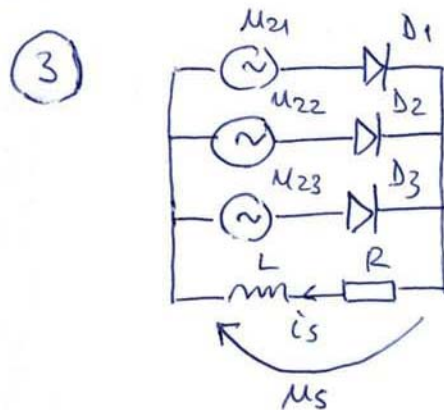
1. Să se reprezinte forma de undă a tensiunii de la ieșirea unui redresor monofazat bialternanță necomandat în punte având ca sarcină un circuit RL și să se determine valoarea medie a acesteia. – (CURS 3)



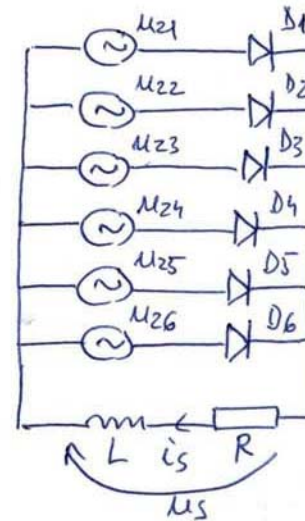
2. Să se reprezinte forma de undă a tensiunii de la ieșirea unui redresor monofazat bialternanță comandat cu priză mediană având ca sarcină un circuit RL și diodă de nul și să se determine valoarea medie a acesteia. – (CURS 3)



3. Se consideră un redresor trifazat necomandat având valoarea efectivă a tensiunilor de fază U_{2-3f} respectiv un redresor hexafazat necomandat având valoarea efectivă a tensiunilor de fază U_{2-6f} . Ce relație trebuie să satisfacă cele două valori efective astfel încât cele două redresoare să furnizeze la ieșire aceeași valoare medie a tensiunii redresate. – (CURS 4)



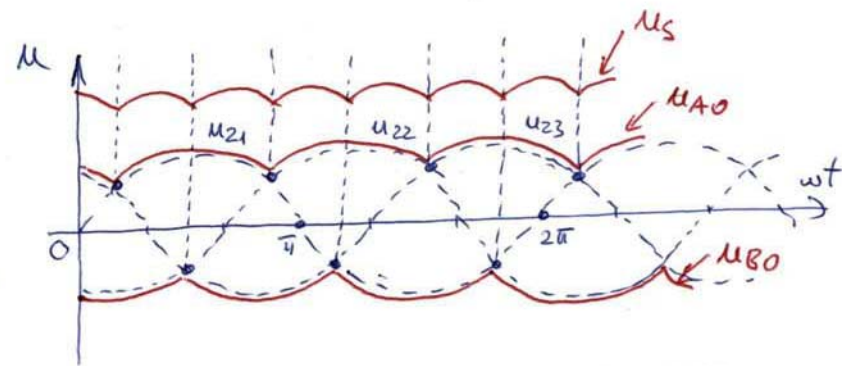
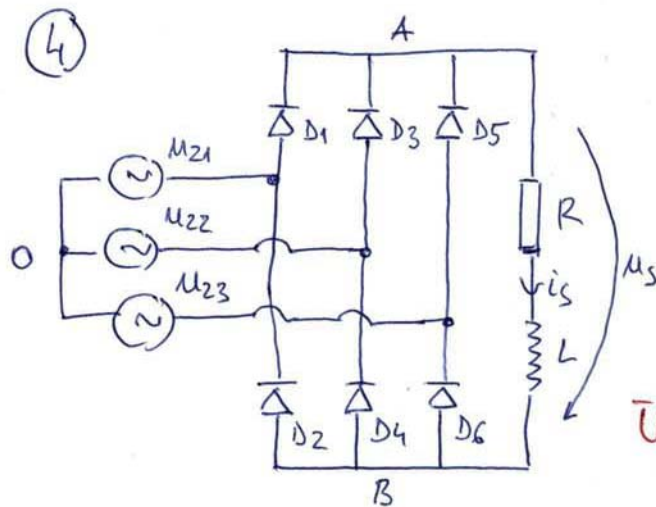
$$\bar{U}_{smed} = \frac{m}{\pi} \sqrt{2} \bar{U}_2 \sin \frac{\pi}{m} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \bar{U}_{23f}$$



$$\bar{U}_{smed} = \frac{m}{\pi} \sqrt{2} \bar{U}_2 \sin \frac{\pi}{m} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \bar{U}_{26f}$$

$$\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \bar{U}_{23f} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \bar{U}_{26f} \Rightarrow \bar{U}_{26f} = \frac{\sqrt{3}}{2} \bar{U}_{23f}$$

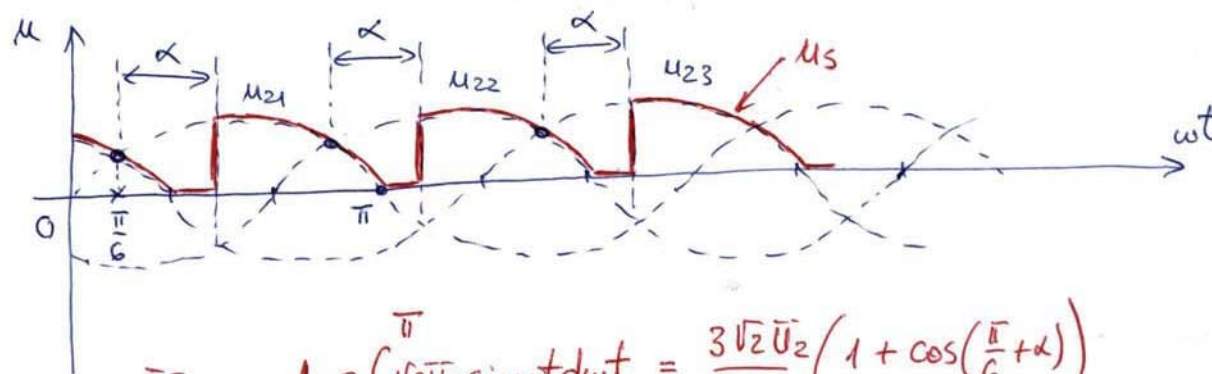
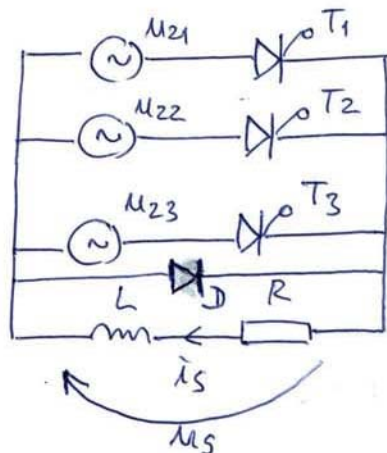
4. Să se reprezinte forma de undă a tensiunii de la ieșirea unui redresor trifazat necomandat în punte având ca sarcină un circuit RL și sa se determine valoarea medie a acesteia. – (CURS 4)



$$\bar{U}_{\text{med}} = \bar{U}_{A0} - \bar{U}_{B0} = 2\bar{U}_{A0} = 2 \cdot \frac{m}{\pi} \sqrt{2} \bar{U}_2 \sin \frac{\pi}{m} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \bar{U}_2$$

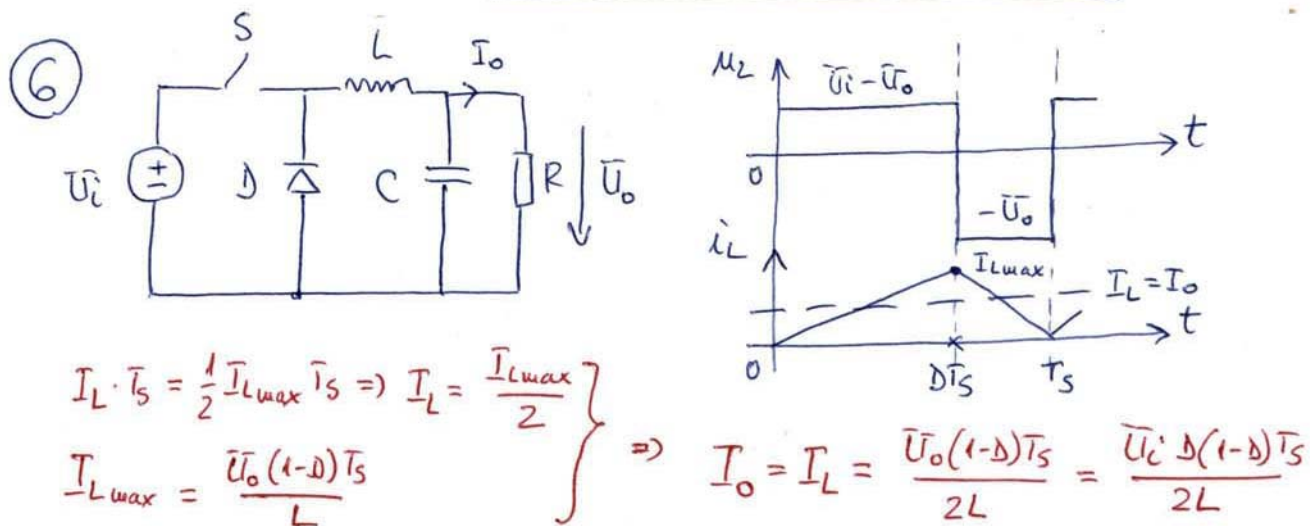
5. Să se reprezinte forma de undă a tensiunii de la ieșirea unui redresor trifazat bialternanță comandat având ca sarcină un circuit RL și diodă de nul și să se determine valoarea medie a acesteia, pentru un unghi de comandă $\alpha > 30^\circ$. – (CURS 5)

5

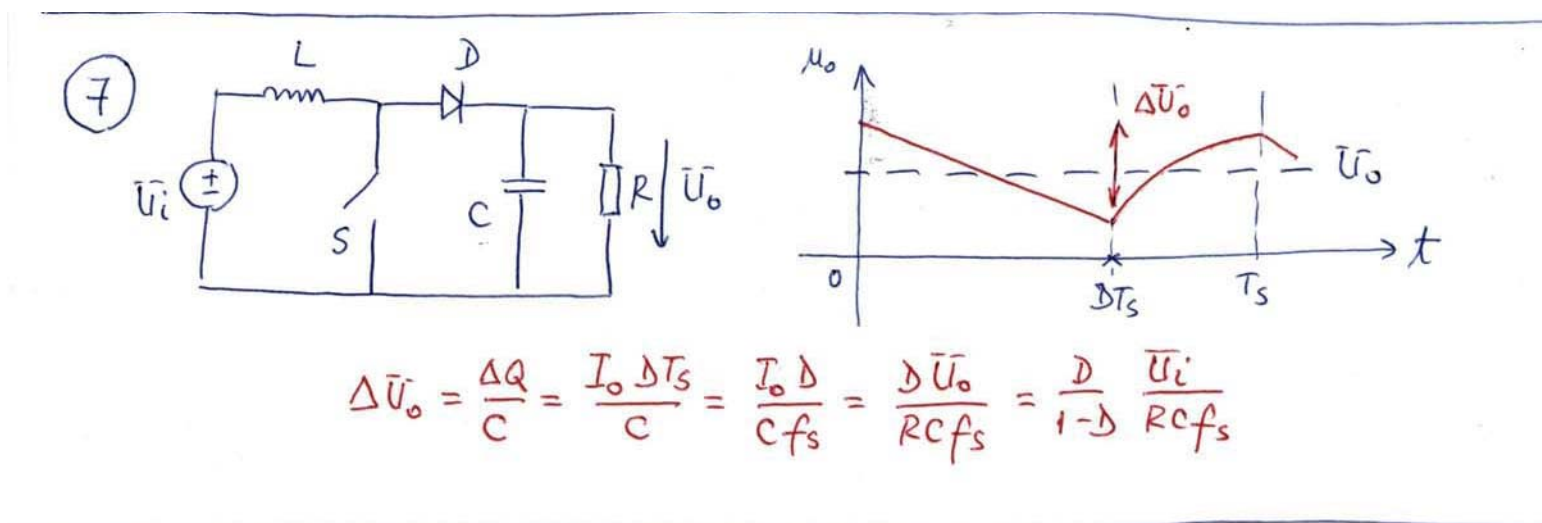


$$\bar{U}_{Smed} = \frac{1}{2\pi} 3 \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\pi} \sqrt{2} \bar{U}_2 \sin \omega t d\omega t = \frac{3\sqrt{2} \bar{U}_2}{2\pi} \left(1 + \cos\left(\frac{\pi}{6} + \alpha\right) \right)$$

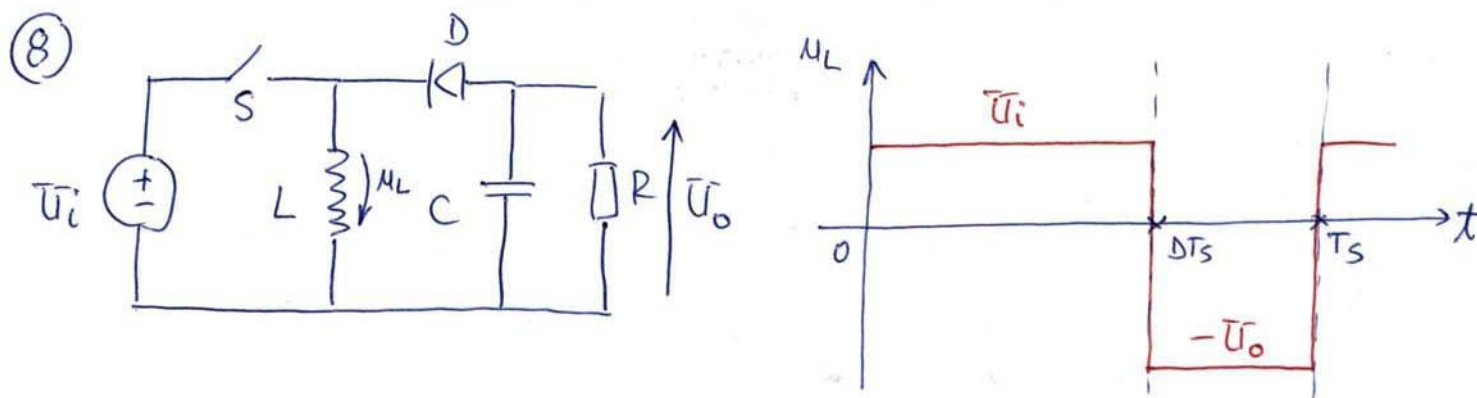
6. Să se determine relația curentului de ieșire I_o pentru funcționarea la limita dintre CCM și DCM a unui convertor dc-dc fără izolare galvanică BUCK. – (CURS 6)



7. Să se reprezinte pulsația tensiunii de ieșire a unui convertor dc-dc fără izolare galvanică BOOST și să se determine valoarea acesteia ΔU_o . – (CURS 7)

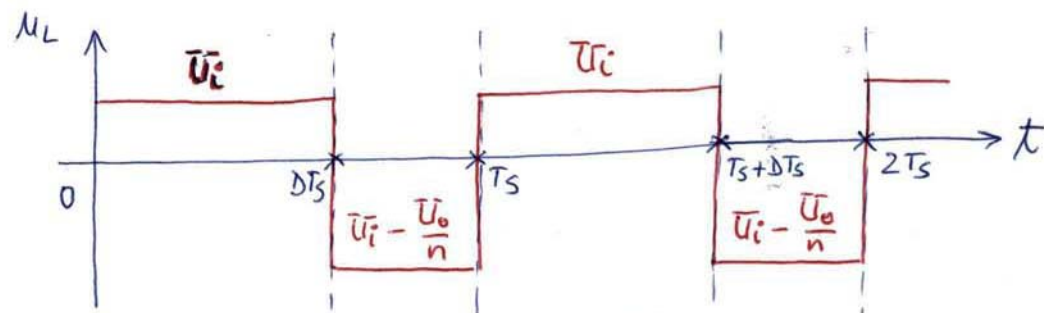
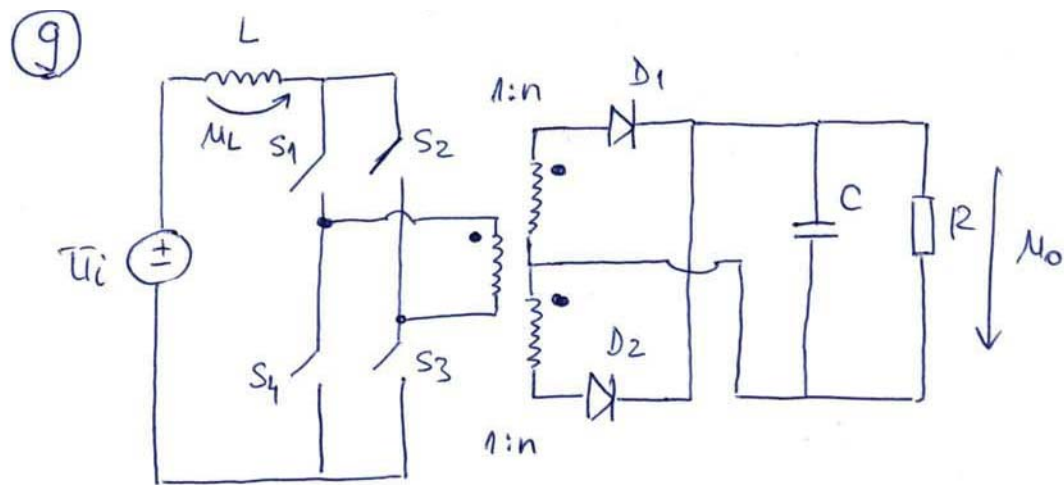


8. Să se reprezinte tensiunea la bornele inductanței L a unui convertor dc-dc fără izolare galvanică BUCK-BOOST și să se determine relația tensiunii de ieșire a acestuia în regim CCM. – (CURS 7)



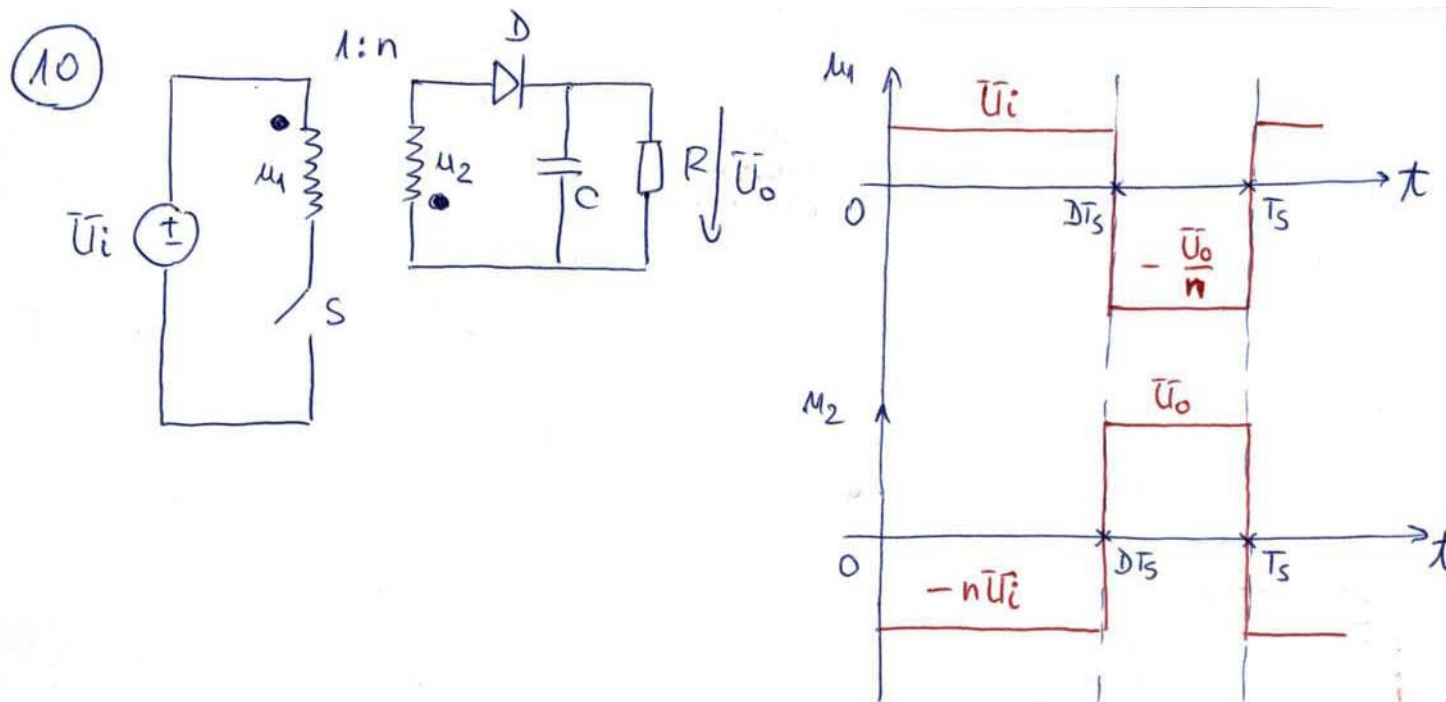
$$\bar{U}_L = 0 \Leftrightarrow \bar{U}_i \Delta T_s + (-\bar{U}_o)(1-D)T_s = 0 \Rightarrow \bar{U}_o = \frac{D}{1-D} \bar{U}_i$$

9. Să se reprezinte tensiunea la bornele inductanței L a unui convertor dc-dc cu izolare galvanică în punte BOOST și să se determine relația tensiunii de ieșire a acestuia în regim CCM. – (CURS 8)



$$\bar{U}_L = 0 \Leftrightarrow \bar{U}_i \Delta T_s + \left(\bar{U}_i - \frac{\bar{U}_o}{n} \right) (1 - \delta) T_s = 0 \Rightarrow \bar{U}_o = n \frac{1}{1 - \delta} \bar{U}_i$$

10. Să se reprezinte tensiunile din primarul și secundarul transformatorului unui convertor dc-dc cu izolare galvanică FLYBACK și să se determine relația tensiunii de ieșire a acestuia în regim CCM. – (CURS 9)



$$\bar{U}_1 = 0 \Leftrightarrow \bar{U}_i \Delta T_s + \left(-\frac{\bar{U}_o}{n}\right)(1-\Delta)T_s = 0 \Rightarrow \bar{U}_o = n \frac{\Delta}{1-\Delta} \bar{U}_i$$

SISTEME DE TELEVIZIUNE

ANUL 3, SEMESTRUL 6

1. Condiția realizării unei explorări întreșesute corecte și realizarea practică a acestei condiții. (STV Cap.2, pag.38)

38 Tehnici de explorare liniară - 2

➤ Pentru realizarea unei explorări întreșesute corecte este necesar ca elementul de explorare să parcurgă același traseu pe cadrul de imagine, adică o curbă închisă. În consecință, între frecvența liniilor f_H și frecvența câmpurilor f_V , respectiv frecvența cadrelor f_C , trebuie să existe relațiile:

$$f_H = Z \cdot f_C = \frac{Z}{2} f_V \quad (2.6)$$

din care se determină frecvența de explorare pe orizontală (frecvența liniilor) f_H .

Parametrii explorării liniare întreșesute în standardul de televiziune european sunt:

$$f_V = 50 \text{ Hz} \text{ iar } T_V = 20 \text{ ms},$$

$$f_C = 25 \text{ Hz} \text{ iar } T_C = 40 \text{ ms},$$

$$Z = 625 \text{ linii de explorare/cadru, } Z/2 = 312,5 \text{ linii de explorare/câmp},$$

$$f_H = 625 \times 25 = 15.625 \text{ Hz} \text{ iar } T_H = 64 \mu\text{s}.$$

Se constată că durata de explorare a unui cadru de imagine este de două ori mai mare decât la explorarea progresivă.

➤ Impulsurile de sincronizare, pe orizontală cu frecvența f_H , și pe verticală cu frecvența f_V , sunt generate în camera de televiziune într-un bloc denumit sincrogenerator. Pentru a se realiza o explorare întreșesută corectă, raportul între frecvența liniilor și frecvența câmpurilor trebuie păstrat riguros constant, egal cu numărul liniilor dintr-un câmp, adică:

$$\frac{f_H}{f_V} = \frac{Z}{2} = 312,5 \quad (2.7)$$

În acest scop se folosește metoda divizării unei frecvențe, egală cu dublul frecvenței liniilor (31.250 Hz), dată de un oscilator pilot stabil.

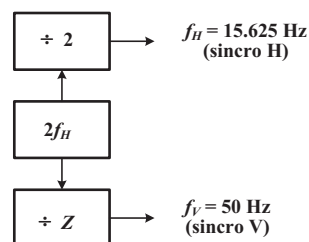


Fig. 2.6. Schema bloc a unui sincrogenerator cu divizare de frecvență.

2. Realizarea practică a descompunerii unei imagini color în cele trei imagini monocromatice, corespunzătoare culorilor de referință R, G, B. (STV Cap. 5, pag.80-81)

semnalele diferență de culoare $R-Y$ și $B-Y$, întrucât semnalele folosite în televiziunea în culori sunt semnalele date de modelul $Y, R-Y, B-Y$.

Sistemul SECAM a apărut în Franța în 1958, ca propunere a colectivului condus de Henry de France. Sistemul a fost introdus în exploatare într-o serie de țări din Europa după 1966, fiindu-i aduse ameliorări succesive. Sistemul SECAM este un sistem cu transmisie secvențială (din linie în linie) a semnalelor corespunzătoare culorilor primare. Pe o linie se transmite informația de roșu și pe următoarea – cea de albastru. În acest caz subpurătoarea de cromatică este modulată în frecvență, pe rând, cu unul dintre semnalele video de culoare.

Existența acestor trei sisteme diferite de televiziune și a două norme de televiziune a îngăduit la început schimbul internațional de programe de televiziune. Ulterior, situația s-a îmbunătățit datorită introducerii metodelor digitale de prelucrare a semnalelor de televiziune în culori.

În prezent există și sisteme de televiziune în culori incompatibile cu televiziunea în alb-negru. Spre exemplu, sistemul MAC (Multiplexed Analogue Components – *componente analogice multiplexate*), care este un sistem de difuziune prin satelit, și la care transmisia se realizează prin multiplexarea în timp a semnalelor de luminanță și cromatică. Sistemul MAC este prezentat în cadrul volumul II.

5.3. Schema bloc simplificată a camerei TV tricrome

Transformarea imaginii optice plane în cele trei semnale video de culoare, denumite, în cele ce urmează, *semnale de culoare primare* (R, G, B) are loc în camera TV tricromă, a cărei schemă bloc simplificată este dată în figura 5.5.

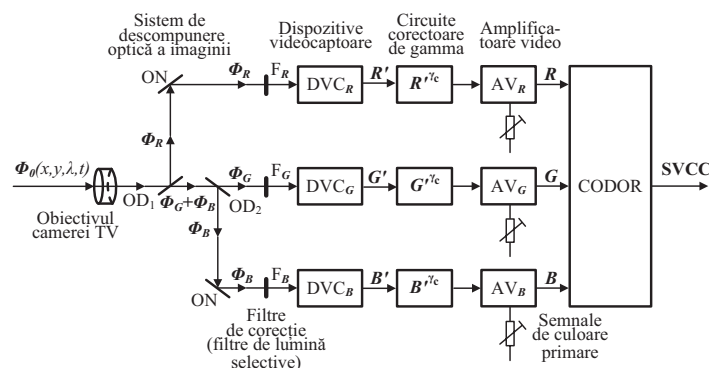


Fig. 5.5. Schema bloc simplificată a camerei TV tricrome.

În procesul de transformare a imaginii optice plane în cele trei semnale video de culoare (semnale de culoare primare) se disting două etape esențiale:

- descompunerea optică a imaginii color în trei imagini monocromatice, corespunzătoare culorilor de referință R, G, B ;
- transformarea fiecărei imagini monocromatice în semnal video de culoare.

Descompunerea fluxului luminos $\Phi_0(x,y,\lambda,t)$ în cele trei fluxuri luminoase Φ_R, Φ_G și Φ_B , corespunzătoare culorilor de referință R, G, B , se realizează cu ajutorul unui sistem de oglinzi dicroice OD_1 și OD_2 .

Oglinda dicroică are proprietatea de a lăsa să treacă prin ea fluxul luminos corespunzător unei anumite părți din spectrul vizibil și de a reflecta restul. Oglinda dicroică OD_1 lasă să treacă prin ea domeniile de verde și albastru, adică fluxurile Φ_G și Φ_B , și reflectă domeniul de roșu al spectrului vizibil, adică fluxul Φ_R , iar oglinda dicroică OD_2 lasă să treacă prin ea domeniul de verde, adică fluxul Φ_G , și reflectă domeniul de albastru, adică fluxul Φ_B . Oglinzile normale ON au rolul de a dirija fluxurile luminoase selectate, de roșu și, respectiv, de albastru, către dispozitivele videocaptoare corespunzătoare.

Pe traseele celor trei fluxuri luminoase se introduce câte un filtru de lumină selectiv (filtru de corecție) F_R, F_G și, respectiv, F_B , centrate, fiecare, pe lungimea de undă dominantă a culorii de referință respective. Ele au rolul de a corecta caracteristicile spectrale ale dispozitivelor videocaptoare (figura 5.6) și de a realiza o echilibrare în ceea ce privește atenuarea fluxurilor luminoase pe cele trei trasee, avându-se în vedere că o oglindă dicroică permite trecerea unei porțiuni a fluxului luminos în proporție de 95 % și realizează un coeficient de reflexie a celeilalte porțiuni într-o proporție de până la 85 %.

Dispozitivele videocaptoare DVC_R, DVC_G și DVC_B transformă fluxurile luminoase Φ_R, Φ_G și Φ_B în semnalele electrice R', G' și, respectiv B' , numite semnale de culoare primare. Dispozitivele videocaptoare prezintă o caracteristică spectrală selectivă, centrată pe lungimea de undă dominantă a culorii de referință, după cum se prezintă în figura 5.6, spre deosebire de tuburile videocaptoare în alb-negru, DVC_{AN} , care prezintă o caracteristică spectrală extinsă pe întregul spectru vizibil.

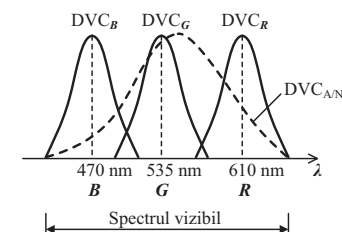


Fig. 5.6. Caracteristicile spectrale ale celor trei dispozitive videocaptoare.

3. Semnalele primare de transmisie într-un sistem TV în culori.

Obținerea acestor semnale. (STV Cap.5, pag.86-89)

1/2

Pentru a se obține o corecție bidimensională, se aplică o corecție în direcție orizontală, în care caz întârzierea se alege de ordinul de mărime al duratei unui element de imagine, și o corecție în direcție verticală, în care caz se alege o întârziere egală cu durata unei linii.

În figura 5.8.b se scoate în evidență compensarea căderii caracteristici de apertură a dispozitivului videocaptor cu frecvența, reprezentată prin curba $H(f)$. Se obține o caracteristică de frecvență corectată $H_C(f)$, prin însumarea cu caracteristica de frecvență a corectorului de apertură $h_C(f)$, care asigură o redare corespunzătoare a frecvențelor înalte.

5.4. Semnalul de luminanță

Având în vedere cele prezentate în paragraful 5.2 (v. fig. 5.4), se impune ca într-un sistem TV în culori să se transmită semnalul de luminanță Y , care să reflecte corect luminanța obiectului, adică, să fie identic cu cel care s-ar obține dacă captarea și transmisia s-ar face în sistemul TV în alb-negru. Acest semnal nu se obține direct din explorarea imaginii electronice.

Captarea imaginii, la ieșirea dispozitivelor videocaptoare, se realizează conform modelului RGB , iar semnalele folosite în televiziunea în culori sunt semnalele date de modelul $Y, R-Y, B-Y$. Aceasta presupune obținerea prin calcul a semnalului de luminanță și a semnalelor diferență de culoare din semnalele de culoare primare.

Contribuția celor trei semnale de culoare primare R, G, B la semnalul de luminanță Y , este dată de expresia:

$$Y = aR + bG + cB \quad (5.10)$$

care precizează faptul că albul de referință se obține dacă luminanțele culorilor de sinteză R, G, B se amestecă în proporțiile date de coeficienții a, b și, respectiv, c .

Pentru a se determina contribuția celor trei semnale de culoare primare la semnalul de luminanță, se au în vedere:

- caracteristica de sensibilitate spectrală relativă a ochiului, și
- raportarea luminanței oricărei culori la luminanța albului de referință, care generează un semnal video de amplitudine maximă, adică $Y = 1 V_{VV}$, ceea ce este echivalent cu:

$$a + b + c = 1 \quad (5.11)$$

întrucât în acest caz $R = G = B = 1 V_{VV}$.

Sistemul vizual uman, în fața unei imagini color, face ponderarea luminanței în funcție de lungimea de undă a radiațiilor luminoase, conform curbei de sensibilitate spectrală relativă prezentată în figura 5.9. Această curbă arată cum variază

sensibilitatea ochiului S_λ , adică senzația de strălucire, în funcție de lungimea de undă a radiației luminoase monocromatice de intensitate energetică constantă. Se constată că, la luminanțe egale, ochiul percepe strălucirea roșului mai redusă decât a verdelui sau a galbenului, dar mai puternică decât cea a albastrului sau a negrului.

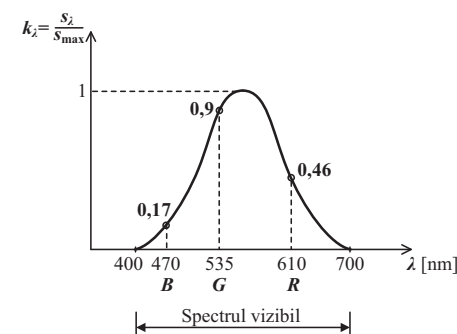


Fig. 5.9. Caracteristica de sensibilitate spectrală relativă a ochiului.

Într-un sistem TV în alb-negru, când pe ecran se reproduc doar informațiile de luminanță ale imaginii, se pune problema ca detaliile colorate, de luminanțe egale, să fie reproduse în alb-negru cu străluciri ponderate, în corelație cu caracteristica de sensibilitate spectrală a ochiului, întrucât în fața unui ecran alb-negru ochiul nu poate face ponderarea menționată. Acest deziderat se realizează prin faptul că dispozitivul videocaptor, în televiziunea în alb-negru, prezintă o caracteristică spectrală asemănătoare cu caracteristica de sensibilitate spectrală a ochiului (v. fig. 5.6). În acest caz, pe ecranul alb-negru, detaliile colorate albastru și roșu vor fi reproduse printr-un gri-negru, cele colorate mov și verde – printr-un gri mai deschis, iar cele colorate turcoaz și galben – printr-un gri și mai deschis. Cu alte cuvinte, o miră cu bare color va fi redată pe ecranul alb-negru printr-o miră cu bare de gri.

În sistemul TV în culori compatibil, dispozitivele videocaptoare nu mai prezintă caracteristici spectrale asemănătoare cu caracteristica de sensibilitate spectrală a ochiului (v. fig. 5.6). Ca urmare, dispozitivele videocaptoare nu mai ponderează luminanța detaliilor colorate, în funcție de lungimea de undă a radiațiilor luminoase. Această ponderare se realizează în blocul denumit codor, folosindu-se o matrice de formare a semnalului Y din cele trei semnale de culoare primare, pe baza relației (5.10).

Coeficienții a, b și c precizează contribuția celor trei semnale de culoare primare R, G și B la formarea semnalului de luminanță. La determinarea lor s-a avut în vedere, pe de o parte, valorile sensibilității relative a ochiului, k_λ , pentru culorile primare R, G, B (v. fig. 5.9) și, pe de altă parte, realizarea condiției (5.11).

3. Semnalele primare de transmisie într-un sistem TV în culori.

Obținerea acestor semnale. (STV Cap.5, pag.86-89)

2/2

În aceste condiții:

$$a = \frac{k_{\lambda R}}{k_{\lambda R} + k_{\lambda G} + k_{\lambda B}} = \frac{0,46}{0,46 + 0,9 + 0,17} = 0,30$$

$$b = \frac{k_{\lambda G}}{k_{\lambda R} + k_{\lambda G} + k_{\lambda B}} = \frac{0,9}{0,46 + 0,9 + 0,17} = 0,59$$

$$c = \frac{k_{\lambda B}}{k_{\lambda R} + k_{\lambda G} + k_{\lambda B}} = \frac{0,17}{0,46 + 0,9 + 0,17} = 0,11$$

și, ca urmare, semnalul de luminanță se obține cu circuitul de matriciere M_Y din figura 5.10, pe baza relației:

$$Y = 0,30R + 0,59G + 0,11B \quad (5.12)$$

În cazul transmisiei unor imagini acromatice (în alb-negru), semnalul de luminanță corespunzător tonurilor de gri (de la negru la alb) este dat de relația:

$$Y = R = G = B = (0 \div 1) V_{VV} \quad (5.13)$$

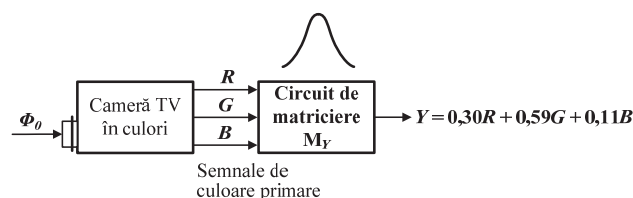


Fig. 5.10. Obținerea semnalului de luminanță.

Albul de referință se obține pe ecranul tubului cinescop dacă luminanțele culorilor de sinteză R, G, B se amestecă în raportul:

$$L_R : L_G : L_B = 0,30 : 0,59 : 0,11 \quad (5.14)$$

Relația (5.14) evidențiază luminanța unei culori în raport cu luminanța albului de referință.

5.5. Semnalele diferență de culoare

Pentru a se respecta principiul luminanței constante, întrucât semnalul de luminanță Y conține toată informația referitoare la luminanța culorii, trebuie să se

înlătura (să se scadă) această componentă din semnalele R, G, B . Din acest motiv se transmit așa-numitele *semnale diferență de culoare*, definite prin relațiile:

$$R-Y = R - (0,30R + 0,59G + 0,11B) = 0,70R - 0,59G - 0,11B$$

$$G-Y = 0,30R + 0,41G - 0,11B \quad (5.15)$$

$$B-Y = -0,30R - 0,59G + 0,89B$$

Transmiterea semnalelor diferență de culoare în locul semnalelor de culoare primare prezintă și următoarele avantaje:

- La transmisiuni în alb-negru (trepte tonale de gri, de la negru la alb) fiind satisfăcută relația (5.13), rezultă:

$$R-Y = G-Y = B-Y = 0 \quad (5.16)$$

Ca urmare, la transmisiuni în alb-negru, semnalele diferență de culoare fiind nule, nu au nici o influență la recepție pe televizoarele în alb-negru sau în culori. În schimb, semnalul de luminanță Y va avea amplitudinea corespunzătoare nivelului de gri transmis, adică $Y = (0 \div 1) V_{VV}$.

- Într-un sistem TV în culori nu este necesar să se transmită toate cele trei semnale diferență de culoare, întrucât oricare din ele se poate obține din celelalte două.

La alegerea celor două semnale diferență de culoare, care se transmit la recepție, s-a avut în vedere că semnalul $G-Y$ are valoarea vârf-vârf cea mai mică din cele trei semnale diferență de culoare, ceea ce înseamnă că va fi cel mai expus la perturbații.

În concluzie, în sistemele de televiziune în culori se transmit trei semnale video: semnalul de luminanță Y și semnalele diferență de culoare $R-Y$ și $B-Y$, cunoscute sub denumirea de *semnale primare de transmisie*. Semnalul diferență de culoare $G-Y$ se reconstituie în receptorul TV pe baza expresiei:

$$G-Y = -0,51(R-Y) - 0,19(B-Y) \quad (5.17)$$

Semnalele diferență de culoare $R-Y$ și $B-Y$ se obțin în codorul camerei TV cu circuitele de matriciere M_{R-Y} , respectiv, M_{B-Y} (v. fig. 5.14), pe baza relațiilor (5.15), iar semnalul diferență de culoare $G-Y$ se obține în decodorul receptorului TV cu circuitul de matriciere M_{G-Y} (v. fig. 5.15), pe baza relației (5.17).

Experiențele au arătat că acuitatea sistemului vizual uman, față de informația de culoare, este de câteva ori mai redusă decât față de informația de luminanță, mai ales când trebuie identificate culorile detaliilor mici din imagine. Mai mult, detaliile fine ale imaginilor sunt percepute de ochi prin variația luminanței, adică în alb-negru. Ca urmare, o imagine color bună se obține și în cazul în care banda de frecvențe a semnalelor diferență de culoare se reduce de 4÷5 ori față de banda de frecvențe a semnalului de luminanță.

4. Semnalul video complex de culoare. Semnalele componente și obținerea lor.

Realizarea transmisiei acestor semnale. (STV Cap.5, paragrafele 5.7, 5.4, 5.5)

1/3

92 Principiul transmisiei informației de culoare în televiziune - 5

Tabelul 5.2

Culoarea	R	G	B	Y	R-Y	B-Y	G-Y
Alb	1	1	1	1	0	0	0
Galben	0,75	0,75	0	0,66	0,09	-0,66	0,09
Turcoaz	0	0,75	0,75	0,53	-0,53	0,22	0,22
Verde	0	0,75	0	0,44	-0,44	-0,44	0,31
Mov	0,75	0	0,75	0,31	0,44	0,44	-0,31
Roșu	0,75	0	0	0,22	0,53	-0,22	-0,22
Albastru	0	0	0,75	0,09	-0,09	0,66	-0,09
Negru	0	0	0	0	0	0	0

5.7. Semnalul video complex de culoare

În televiziunea radiodifuzată, transmiterea celor trei semnale primare Y , $R-Y$ și $B-Y$ se face pe un singur canal de transmisie, caracterizat prin lărgimea de bandă stabilită prin norma de televiziune adoptată (6 MHz, respectiv 5 MHz).

Întrucât cele trei semnale primare de transmisie ocupă un spectru de frecvențe mai mare decât cel alocat canalului video, pentru transmisia unui program TV, semnalele primare de transmisie Y , $R-Y$ și $B-Y$ sunt supuse unei operații de codare, astfel încât semnalul codat obținut, cunoscut sub denumirea de *semnal video complex de culoare*, să poată fi transmis prin canalul alocat și să poată fi decodat la recepție, cu scopul de a se obține semnalele primare de transmisie, ce urmează să fie prelucrate pe căi distincte. De fapt, semnalele $R-Y$ și $B-Y$ (fără impulsuri de stingere și sincronizare) se codează, rezultând semnale codate NTSC, PAL, respectiv SECAM, care apoi se adaugă la semnalul video complex Y (care conține semnalul de stingere și de sincronizare), rezultând, astfel, semnalul video complex de culoare, SVCC.

Realizarea transmisiei celor trei semnale primare în lărgimea de bandă alocată canalului video, se bazează pe observația că spectrele de frecvențe ale semnalelor Y , $R-Y$ și $B-Y$ sunt spectre discrete, formate din pachete de linii spectrale centrate pe multipli ai frecvenței liniilor (figurile 5.12.a și b). Mai mult, între pachetele de linii spectrale alăturate ale semnalului de luminanță, cu frecvență centrală relativ mare (peste 1,5 MHz), există intervale libere, care se pot ocupa, prin intercalarea (întreșerea) pachetelor de linii spectrale ale semnalului de cromaticitate modulată, C , adică limitat și traslatat în domeniul frecvențelor superioare, între pachetele de linii spectrale ale semnalului de luminanță Y (figurile 5.12. a, c și d).

5.7 - Semnalul video complex de culoare 93

Ca urmare, semnalul video complex de culoare, $Y+C$, obținut prin însumarea semnalelor de luminanță și de cromaticitate modulată, ocupă aceeași bandă de frecvențe ca semnalul video complex în sistemul TV în alb-negru.

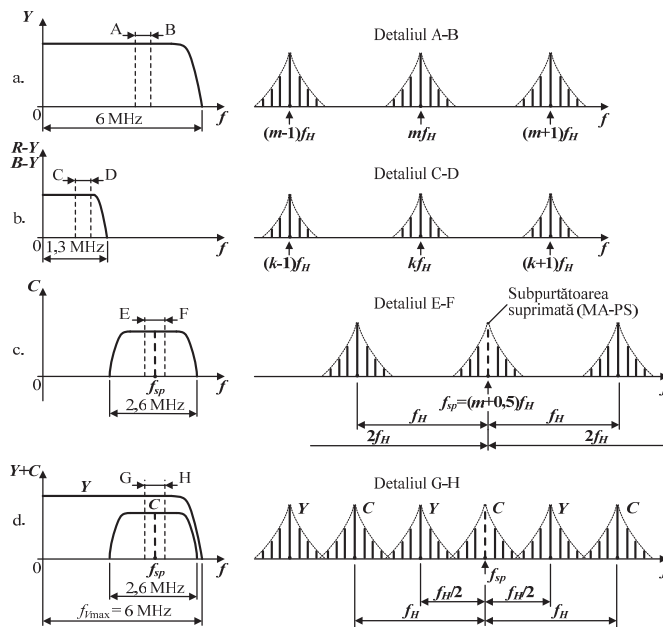


Fig. 5.12. Intercalarea spectrelor de frecvențe în sistemul TV în culori: a) semnalul de luminanță; b) semnalele diferență de culoare; c) semnalul de cromaticitate modulată; d) semnalul SVCC.

Semnalul de cromaticitate modulată se obține folosind ca suport o *subpurtătoare*, numită *de cromaticitate*, f_{sp} , care este modulată în amplitudine și în cuadratură cu cele două semnale diferență de culoare (sistemele NTSC și PAL), sau în frecvență, cu câte un semnal diferență de culoare, și transmiterea alternativă a acestora (sistemul SECAM). Prin modulație se asigură translatarea tuturor componentelor spectrale ale

94 Principiul transmisiei informației de culoare în televiziune - 5

semnalelor diferență de culoare în partea superioară a spectrului de frecvențe al semnalului de luminanță, cu frecvența subpurtătoarei de cromaticitate (figura 5.13).

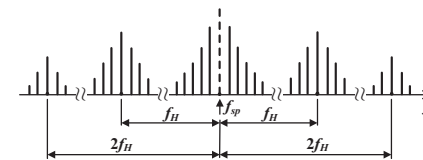


Fig. 5.13. Spectrul de frecvențe al semnalului de cromaticitate modulată în amplitudine (MA-PS).

Dacă frecvența subpurtătoarei se alege egală cu un multiplu impar al jumătății frecvenței de linii f_H , adică:

$$f_{sp} = (2m+1) \frac{f_H}{2} = (m+0,5)f_H \quad (5.17)$$

pachetele de linii spectrale ale semnalului de cromaticitate modulată, C (figura 5.13) se vor plasa, la jumătatea intervalelor libere, între pachetele de linii spectrale ale semnalului de luminanță, Y (figura 3.12.d).

Semnalul video complex de culoare conține și un semnal pentru prelucrarea corectă a informației de culoare transmise. El este plasat pe palierul posterior al impulsurilor de stingere.

În sistemul PAL acest semnal este cunoscut sub denumirea de *semnal de sincronizare a culorii* (sau "burst"), S_C , și are rolul de a regenera în receptor subpurtătoarea de cromaticitate, adică un semnal sinusoidal cu frecvența f_{sp} . Pentru realizarea acestei cerințe, în componența semnalului video complex de culoare se transmite, pe palierul posterior al impulsurilor de stingere pe orizontală (palierul posterior impulsului de sincronizare linii) un semnal, sub forma unei salve de sinusoidă (tren de 8÷10 sinusoidă), având frecvența subpurtătoarei f_{sp} .

În sistemul SECAM, pe palierul posterior al impulsurilor de stingere pe orizontală se transmit semnale având frecvențele subpurtătoare f_{OR} , respectiv f_{OB} , corespunzătoare secvenței liniilor ce se transmit, avându-se în vedere transmiterea succesivă a semnalelor de culoare. În sistemul SECAM, suplimentar, se transmite așa-numitul semnal de identificare a culorii, I_C , pe durata a nouă linii a impulsului de stingere pe verticală, care are rol în recunoașterea ordinii de transmitere a semnalelor diferență de culoare.

4. Semnalul video complex de culoare. Semnalele componente și obținerea lor.

Realizarea transmisiei acestor semnale. (STV Cap.5, paragrafele 5.7, 5.4, 5.5)

2/3

86 Principiul transmisiei informației de culoare în televiziune - 5

Pentru a se obține o corecție bidimensională, se aplică o corecție în direcție orizontală, în care caz întârzierea se alege de ordinul de mărime al duratei unui element de imagine, și o corecție în direcție verticală, în care caz se alege o întârziere egală cu durata unei linii.

În figura 5.8.b se scoate în evidență compensarea căderii caracteristici de apertură a dispozitivului videocaptor cu frecvența, reprezentată prin curba $H(f)$. Se obține o caracteristică de frecvență corectată $H_c(f)$, prin însumarea cu caracteristica de frecvență a corectorului de apertură $h_c(f)$, care asigură o redare corespunzătoare a frecvențelor înalte.

5.4. Semnalul de luminanță

Având în vedere cele prezentate în paragraful 5.2 (v. fig. 5.4), se impune ca într-un sistem TV în culori să se transmită semnalul de luminanță Y , care să reflecte corect luminanța obiectului, adică, să fie identic cu cel care s-ar obține dacă captarea și transmisia s-ar face în sistemul TV în alb-negru. Acest semnal nu se obține direct din explorarea imaginii electronice.

Captarea imaginii, la ieșirea dispozitivelor videocaptoare, se realizează conform modelului RGB , iar semnalele folosite în televiziunea în culori sunt semnalele date de modelul $Y, R-Y, B-Y$. Aceasta presupune obținerea prin calcul a semnalului de luminanță și a semnalelor diferență de culoare din semnalele de culoare primare.

Contribuția celor trei semnale de culoare primare R, G, B la semnalul de luminanță Y , este dată de expresia:

$$Y = aR + bG + cB \quad (5.10)$$

care precizează faptul că albul de referință se obține dacă luminanțele culorilor de sinteză R, G, B se amestecă în proporțiile date de coeficienții a, b și, respectiv, c .

Pentru a se determina contribuția celor trei semnale de culoare primare la semnalul de luminanță, se au în vedere:

- caracteristica de sensibilitate spectrală relativă a ochiului, și
- raportarea luminanței oricărei culori la luminanța albului de referință, care generează un semnal video de amplitudine maximă, adică $Y = 1 V_{VV}$, ceea ce este echivalent cu:

$$a + b + c = 1 \quad (5.11)$$

întrucât în acest caz $R = G = B = 1 V_{VV}$.

Sistemul vizual uman, în fața unei imagini color, face ponderarea luminanței în funcție de lungimea de undă a radiațiilor luminoase, conform curbei de sensibilitate spectrală relativă prezentată în figura 5.9. Această curbă arată cum variază

5.4 - Semnalul de luminanță 87

sensibilitatea ochiului S_λ , adică senzația de strălucire, în funcție de lungimea de undă a radiației luminoase monocromatice de intensitate energetică constantă. Se constată că, la luminanțe egale, ochiul percepe strălucirea roșului mai redusă decât a verdelui sau a galbenului, dar mai puternică decât cea a albastrului sau a negrului.

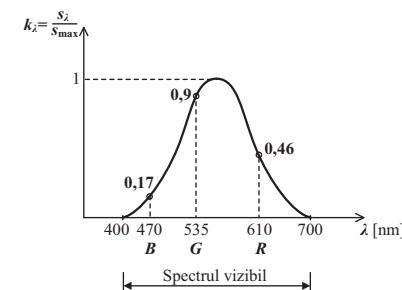


Fig. 5.9. Caracteristica de sensibilitate spectrală relativă a ochiului.

Într-un sistem TV în alb-negru, când pe ecran se reproduc doar informațiile de luminanță ale imaginii, se pune problema ca detaliile colorate, de luminanțe egale, să fie reproduse în alb-negru cu străluciri ponderate, în corelație cu caracteristica de sensibilitate spectrală a ochiului, întrucât în fața unui ecran alb-negru ochiul nu poate face ponderarea menționată. Acest deziderat se realizează prin faptul că dispozitivul videocaptor, în televiziunea în alb-negru, prezintă o caracteristică spectrală asemănătoare cu caracteristica de sensibilitate spectrală a ochiului (v. fig. 5.6). În acest caz, pe ecranul alb-negru, detaliile colorate albastru și roșu vor fi reproduse printr-un gri-negru, cele colorate mov și verde – printr-un gri mai deschis, iar cele colorate turcoaz și galben – printr-un gri și mai deschis. Cu alte cuvinte, o miră cu bare color va fi redată pe ecranul alb-negru printr-o miră cu bare de gri.

În sistemul TV în culori compatibil, dispozitivele videocaptoare nu mai prezintă caracteristici spectrale asemănătoare cu caracteristica de sensibilitate spectrală a ochiului (v. fig. 5.6). Ca urmare, dispozitivele videocaptoare nu mai ponderează luminanța detaliilor colorate, în funcție de lungimea de undă a radiațiilor luminoase. Această ponderare se realizează în blocul denumit codor, folosindu-se o matrice de formare a semnalului Y din cele trei semnale de culoare primare, pe baza relației (5.10).

Coeficienții a, b și c precizează contribuția celor trei semnale de culoare primare R, G și B la formarea semnalului de luminanță. La determinarea lor s-a avut în vedere, pe de o parte, valorile sensibilității relative a ochiului, k_λ , pentru culorile primare R, G, B (v. fig. 5.9) și, pe de altă parte, realizarea condiției (5.11).

4. Semnalul video complex de culoare. Semnalele componente și obținerea lor.

Realizarea transmisiei acestor semnale. (STV Cap.5, paragrafele 5.7, 5.4, 5.5)

3/3

88 Principiul transmisiei informației de culoare în televiziune - 5

5.5 - Semnalele diferență de culoare 89

În aceste condiții:

$$a = \frac{k_{\lambda R}}{k_{\lambda R} + k_{\lambda G} + k_{\lambda B}} = \frac{0,46}{0,46 + 0,9 + 0,17} = 0,30$$

$$b = \frac{k_{\lambda G}}{k_{\lambda R} + k_{\lambda G} + k_{\lambda B}} = \frac{0,9}{0,46 + 0,9 + 0,17} = 0,59$$

$$c = \frac{k_{\lambda B}}{k_{\lambda R} + k_{\lambda G} + k_{\lambda B}} = \frac{0,17}{0,46 + 0,9 + 0,17} = 0,11$$

și, ca urmare, semnalul de luminanță se obține cu circuitul de matriciere M_Y din figura 5.10, pe baza relației:

$$Y = 0,30R + 0,59G + 0,11B \quad (5.12)$$

În cazul transmisiei unor imagini acromatice (în alb-negru), semnalul de luminanță corespunzător tonurilor de gri (de la negru la alb) este dat de relația:

$$Y = R = G = B = (0 \div 1) V_{VV} \quad (5.13)$$

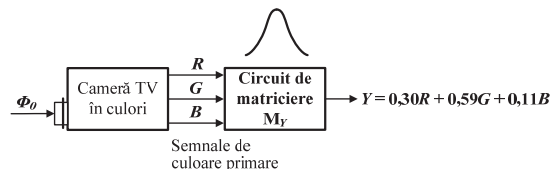


Fig. 5.10. Obținerea semnalului de luminanță.

Albul de referință se obține pe ecranul tubului cinescop dacă luminanțele cunoscute sub denumirea de *semnale primare de transmisie*. Semnalul diferență de culoare $G-Y$ se reconstituie în receptorul TV pe baza expresiei:

$$L_R : L_G : L_B = 0,30 : 0,59 : 0,11 \quad (5.14)$$

Relația (5.14) evidențiază luminanța unei culori în raport cu luminanța albului de referință.

5.5. Semnalele diferență de culoare

Pentru a se respecta principiul luminanței constante, întrucât semnalul de luminanță Y conține toată informația referitoare la luminanța culorii, trebuie să se

înlăture (să se scadă) această componentă din semnalele R, G, B . Din acest motiv se transmit așa-numitele *semnale diferență de culoare*, definite prin relațiile:

$$R-Y = R - (0,30R + 0,59G + 0,11B) = 0,70R - 0,59G - 0,11B$$

$$G-Y = 0,30R + 0,41G - 0,11B \quad (5.15)$$

$$B-Y = -0,30R - 0,59G + 0,89B$$

Transmiterea semnalelor diferență de culoare în locul semnalelor de culoare primare prezintă și următoarele avantaje:

- La transmisiuni în alb-negru (trepte tonale de gri, de la negru la alb) fiind satisfăcută relația (5.13), rezultă:

$$R-Y = G-Y = B-Y = 0 \quad (5.16)$$

Ca urmare, la transmisiuni în alb-negru, semnalele diferență de culoare fiind nule, nu au nici o influență la recepție pe televizoarele în alb-negru sau în culori. În schimb, semnalul de luminanță Y va avea amplitudinea corespunzătoare nivelului de gri transmis, adică $Y = (0 \div 1) V_{VV}$.

- Într-un sistem TV în culori nu este necesar să se transmită toate cele trei semnale diferență de culoare, întrucât oricare din ele se poate obține din celelalte două.

La alegerea celor două semnale diferență de culoare, care se transmit la recepție, s-a avut în vedere că semnalul $G-Y$ are valoarea vârf-vârf cea mai mică din cele trei semnale diferență de culoare, ceea ce înseamnă că va fi cel mai expus la perturbații.

În concluzie, în sistemele de televiziune în culori se transmit trei semnale video: semnalul de luminanță Y și semnalele diferență de culoare $R-Y$ și $B-Y$, cunoscute sub denumirea de *semnale primare de transmisie*. Semnalul diferență de culoare $G-Y$ se reconstituie în receptorul TV pe baza expresiei:

$$G-Y = -0,51(R-Y) - 0,19(B-Y) \quad (5.17)$$

Semnalele diferență de culoare $R-Y$ și $B-Y$ se obțin în codorul camerei TV cu circuitele de matriciere M_{R-Y} , respectiv, M_{B-Y} (v. fig. 5.14), pe baza relațiilor (5.15), iar semnalul diferență de culoare $G-Y$ se obține în decodorul receptorului TV cu circuitul de matriciere M_{G-Y} (v. fig. 5.15), pe baza relației (5.17).

Experiențele au arătat că acuitatea sistemului vizual uman, față de informația de culoare, este de câteva ori mai redusă decât față de informația de luminanță, mai ales când trebuie identificate culorile detaliilor mici din imagine. Mai mult, detaliile fine ale imaginilor sunt percepute de ochi prin variația luminanței, adică în alb-negru. Ca urmare, o imagine color bună se obține și în cazul în care banda de frecvențe a semnalelor diferență de culoare se reduce de 4÷5 ori față de banda de frecvențe a semnalului de luminanță.

5. Principiul modulației de amplitudine în cuadratură. (STV Cap.7, paragraful 7.1)

1/2

120 Sistemul de televiziune în culori PAL - 7

7. Sistemul de televiziune în culori PAL

Semnalele primare de transmisie Y , $R-Y$, $B-Y$, preluate de la camera de televiziune sau de la ieșirea unui dispozitiv de prelucrare la nivelul editării programelor TV, sunt supuse unor operații de codare, astfel încât semnalul codat obținut (semnalul video complex de culoare) să poată fi transmis prin canalul TV, definit printr-o lărgime de bandă, și să poată fi decodat la recepție cu scopul de a obține semnalele primare de transmisie.

În principiu, sistemele TV în culori se deosebesc prin modul de realizare a proceselor de codare și de decodare ale semnalelor primare de transmisie.

În sistemele PAL și NTSC procesul de codare a informației de cromaticitate folosește modulația de amplitudine în cuadratură cu purtătoarea suprimată, care se caracterizează prin faptul că semnalul purtător este modulat în amplitudine simultan cu cele două semnale diferență de culoare. Ca urmare, sistemele PAL și NTSC sunt sisteme de transmisie simultană a celor trei semnale, de luminanță și cele două semnale diferență de culoare.

7.1. Principiul modulației de amplitudine în cuadratură

Modulația de amplitudine în cuadratură (MAQ) folosește un singur semnal purtător, cunoscut sub denumirea de *subpurtătoare de cromaticitate*, de frecvență f_{sp} , pentru transmisia simultană a celor două semnale diferență de culoare, $R-Y$ și $B-Y$.

Implementarea modulației de amplitudine în cuadratură se bazează pe utilizarea a două modulatatoare în amplitudine cu purtătoarea suprimată (MA-PS) și a unui oscilator pilot, care generează două semnale armonice, cu aceeași frecvență, f_{sp} , dar defazate cu 90° , adică două semnale în cuadratură de forma:

$$u_{sp1} = U_{sp} \sin \omega_{sp} t \quad (7.1)$$

$$u_{sp2} = U_{sp} \sin(\omega_{sp} t + 90^\circ) = U_{sp} \cos \omega_{sp} t \quad (7.2)$$

Principiul modulației de amplitudine în cuadratură este prezentat prin schema bloc dată în figura 7.1.

Pentru a obține la emisie *semnalul de cromaticitate modulată*, C , subpurtătoarea de cromaticitate este generată cu fază zero ($\sin \omega_{sp} t$) pentru modulatorul MA-PS care

primește la intrare semnalul $B-Y$ și cu fază de 90° ($\cos \omega_{sp} t$) pentru modulatorul MA-PS care primește la intrare semnalul $R-Y$.

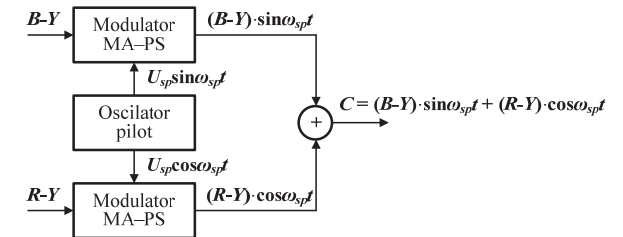


Fig. 7.1. Principiul modulației de amplitudine în cuadratură.

Prin modulația în amplitudine se obțin semnalele:

$$u_{MA1}(t) = [U_p + (B - Y)] \cdot \sin \omega_{sp} t \quad (7.3)$$

$$u_{MA2}(t) = [U_p + (R - Y)] \cdot \cos \omega_{sp} t \quad (7.4)$$

iar prin suprimarea purtătoarei la emisie, rezultă semnalele:

$$u_{MA-PS1}(t) = (B - Y) \cdot \sin \omega_{sp} t \quad (7.5)$$

$$u_{MA-PS2}(t) = (R - Y) \cdot \cos \omega_{sp} t \quad (7.6)$$

cu amplitudine dependentă doar de semnalele modulatatoare, adică de semnalele diferență de culoare și cu frecvența egală cu frecvența subpurtătoarei de cromaticitate, f_{sp} .

Prin suprimarea purtătoarei se îmbunătățește randamentul emisie, dar se impune luarea unor măsuri la emisie și la recepție în vederea refacerii subpurtătoarei în decodorul receptorului.

Întrucât cele două modulatatoare sunt legate în paralel pe o sarcină comună, la ieșire se obține suma vectorială a celor două semnale modulate MA-PS, adică un semnal de forma:

$$C = (B - Y) \cdot \sin \omega_{sp} t + (R - Y) \cdot \cos \omega_{sp} t \quad (7.7)$$

numit *semnal de cromaticitate modulată*.

Se constată că semnalul diferență de culoare $B-Y$ modulează în amplitudine subpurtătoarea de fază 0° ($\sin \omega_{sp} t$), iar semnalul diferență de culoare $R-Y$ modulează în amplitudine subpurtătoarea de fază 90° ($\cos \omega_{sp} t$). Întrucât cele două componente din

5. Principiul modulației de amplitudine în cuadratură. (STV Cap.7, paragraful 7.1)

2/2

7.1 - Principiul modulației de amplitudine în cuadratură 121

relația (7.7) sunt în cuadratură, modulația rezultată poartă numele de *modulație de amplitudine în cuadratură*.

În coordonate carteziene (v. fig. 7.2), valorile $B-Y$ (pe axa x) și $R-Y$ (pe axa y) determină un punct în planul culorilor, K, iar semnalul de crominanță modulată – un vector, $\underline{C}$, determinat de cele două coordonate, și care definește, de fapt, culoarea în plan.

Conform modelului *HSL* de definire a culorii prin nuanță, saturație și luminanță, reprezentat în figura 5.3, vectorul crominanță definește nuanța culorii, prin faza (unghiul) de rotație, și saturația culorii, prin modulul (lungimea) vectorului. Modulul și faza vectorului reprezintă, de fapt, coordonatele polare ale aceluiași punct în planul culorilor, K, după cum se prezintă în figura 7.2.

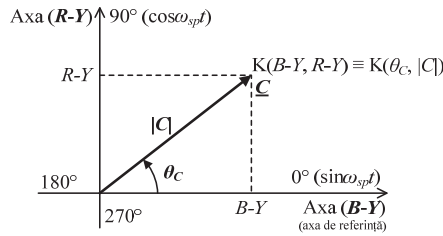


Fig. 7.2. Reprezentarea în coordonate carteziene și polare a vectorului reprezentativ al semnalului de crominanță modulată pentru o culoare K.

În aceste condiții, semnalul de crominanță modulată, dat de relația (7.7), se poate reprezenta și în formele:

$$C = |C| \cdot \sin(\omega_{sp} t + \theta_C) \quad \text{sau} \quad \underline{C} = |C| \cdot e^{j\theta_C} \quad (7.8)$$

unde:

$$|C| = \sqrt{(R-Y)^2 + (B-Y)^2} \quad \text{și} \quad \theta_C = \arctg \frac{R-Y}{B-Y} \quad (7.9)$$

Relațiile (7.9) au rezultat din dezvoltarea relației (7.8) și egalarea ei, termen cu termen, cu relația (7.7), adică din relațiile:

$$|C| \cdot \cos \theta_C = B-Y \quad \text{și} \quad |C| \cdot \sin \theta_C = R-Y \quad (7.10)$$

Din relațiile (7.9) se constată următoarele:

■ Întrucât atât modulul, $|C|$, cât și faza semnalului de crominanță, θ_C , depind de cele două semnale diferență de culoare, modulația de amplitudine în cuadratură cu purtătoarea suprimată poate fi privită ca o modulație simultană în amplitudine și în fază

122 Sistemul de televiziune în culori PAL - 7

a subpurtătoarei, după cum este evidențiat de relațiile (7.8) și (7.9). Cu alte cuvinte, lucrurile se petrec ca și cum subpurtătoarea este modulată de un semnal unic, obținut din cele două semnale diferență de culoare.

■ Semnalul de crominanță modulată (vectorul reprezentativ $\underline{C}$ pentru o culoare K) poartă informația referitoare la *nuanța culorii* prin faza θ_C și, respectiv, la *gradul de saturație a culorii* prin modulul $|C|$.

6. Reprezentarea în coordonate carteziene și polare a vectorului reprezentativ al semnalului de cromaticitate modulat pentru o culoare în sistemul PAL. Să se prezinte legătura între coordonatele polare și cele carteziene. (STV Cap.7, pag.121)

relația (7.7) sunt în cuadratură, modulația rezultată poartă numele de *modulație de amplitudine în cuadratură*.

În coordonate carteziene (v. fig. 7.2), valorile $B-Y$ (pe axa x) și $R-Y$ (pe axa y) determină un punct în planul culorilor, K , iar semnalul de cromaticitate modulat – un vector, $\underline{C}$, determinat de cele două coordonate, și care definește, de fapt, culoarea în plan.

Conform modelului *HSL* de definire a culorii prin nuanță, saturație și luminanță, reprezentat în figura 5.3, vectorul cromaticitate definește nuanța culorii, prin faza (unghiul) de rotație, și saturația culorii, prin modulul (lungimea) vectorului. Modulul și faza vectorului reprezintă, de fapt, coordonatele polare ale aceluiași punct în planul culorilor, K , după cum se prezintă în figura 7.2.

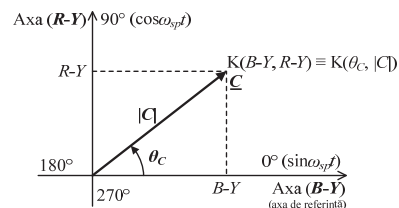


Fig. 7.2. Reprezentarea în coordonate carteziene și polare a vectorului reprezentativ al semnalului de cromaticitate modulat pentru o culoare K .

În aceste condiții, semnalul de cromaticitate modulat, dat de relația (7.7), se poate reprezenta și în formele:

$$C = |C| \cdot \sin(\omega_{sp}t + \theta_C) \quad \text{sau} \quad \underline{C} = |C| \cdot e^{j\theta_C} \quad (7.8)$$

unde:

$$|C| = \sqrt{(R-Y)^2 + (B-Y)^2} \quad \text{și} \quad \theta_C = \arctg \frac{R-Y}{B-Y} \quad (7.9)$$

Relațiile (7.9) au rezultat din dezvoltarea relației (7.8) și egalarea ei, termen cu termen, cu relația (7.7), adică din relațiile:

$$|C| \cdot \cos \theta_C = B-Y \quad \text{și} \quad |C| \cdot \sin \theta_C = R-Y \quad (7.10)$$

Din relațiile (7.9) se constată următoarele:

- Întrucât atât modulul, $|C|$, cât și faza semnalului de cromaticitate, θ_C , depind de cele două semnale diferență de culoare, modulația de amplitudine în cuadratură cu purtătoarea suprimată poate fi privită ca o modulație simultană în amplitudine și în fază

7. Să se reprezinte structura unui canal TV în cazul unei lărgimi de bandă a canalului de 8 MHz. (STV paragraful 6.3 , paginile 104-106)

1/2

aceste filtre la limitele benzii de trecere, datorată timpului de întârziere de grup (apar defazaje diferite suferite de semnalele de frecvențe joase față de cele de frecvențe înalte din spectrul de videofrecvență) determină anumite dificultăți în folosirea transmisiei MA cu BLU. Problema este soluționată în practică prin folosirea transmisiei MA cu RBL, adică se transmite în întregime banda laterală superioară și parțial banda laterală inferioară.

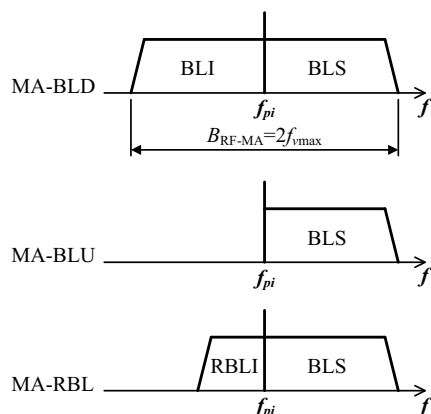


Fig. 6.3. Transmisia cu rest de bandă laterală.

6.3. Structura canalului de televiziune

O stație de televiziune emite semnalul de FIF sau UIF într-un canal TV, de lărgime bine precizată. În conformitate cu standardele TV (v. anexa 1), banda de frecvențe alocată pentru un canal TV (pentru transmisiunea de imagine și sunetul aferent) este:

- 8 MHz, pentru canalele cu banda video de 6 MHz și ecartul între frecvențele purtătoare de imagine și de sunet de $f_{pi} - f_{ps} = 6,5$ MHz;
- 7 MHz, pentru canalele cu banda video de 5 MHz și ecartul între frecvențele purtătoare de imagine și de sunet de $f_{pi} - f_{ps} = 5,5$ MHz.

În figura 6.4 se prezintă structura unui canal TV, adică dispunerea frecvențelor purtătoare de imagine, f_{pi} , și de sunet, f_{ps} , împreună cu benzile laterale corespunzătoare (spectrele semnalelor video și audio). Datele prezentate în figură se referă la standardul TV caracterizat printr-o lărgime a canalului TV de 8 MHz și un ecart dintre cele două purtătoare de 6,5 MHz. Sunt date, de asemenea, caracteristicile amplitudine-frecvență idealizate ale emițătorului de imagine (1) și de sunet (2), precum și caracteristica

amplitudine-frecvență a amplificatorului de radiofrecvență de la intrarea receptorului TV (3).

Semnalul video, de bandă 6 MHz, este modulată în amplitudine și se transmite cu rest de bandă laterală de 0,75 MHz, respectiv, 1,25 MHz la o atenuare de 20 dB.

Pentru televiziunea radiodifuzată sunt alocate în Europa șase benzi de frecvențe, situate în trei domenii de frecvențe, cu precizarea că fiecare bandă cuprinde un număr de canale TV:

- domeniul FIF sau VHF (foarte înaltă frecvență):
 - banda I: 48÷66 MHz, canalele 1(48,5÷56,5 MHz) și 2 (58÷66 MHz);
 - banda II: 76÷100 MHz, canalele 3, 4 și 5;
 - banda III: 174÷230 MHz, canalele 6÷12.
- domeniul UIF sau UHF (ultra înaltă frecvență):
 - banda IV: 470÷606 MHz; canalele 21÷37;
 - banda V: 606÷862 MHz, canalele 38÷69.
- domeniul SIF (super înaltă frecvență):
 - banda VI: 11,7÷12,5 GHz, este divizată în 40 de canale cu o bandă pe canal de 19,18 MHz, fiind folosită de sistemele de transmisie prin satelit; această bandă s-a extins la 10,7÷12,75 GHz;
 - benzi suplimentare: 20÷20,5 GHz, 40,5÷42,5 GHz și 84÷86 GHz, pentru sistemele de transmisie prin satelit.

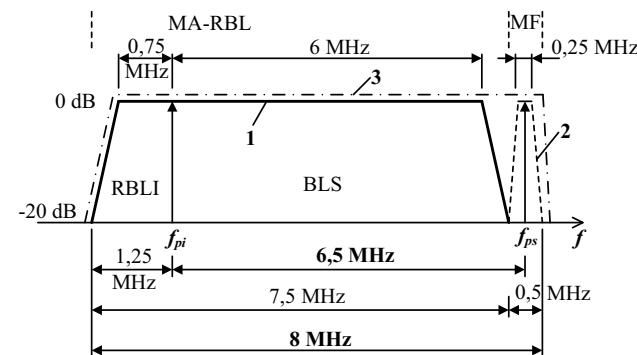


Fig. 6.4. Structura canalului de televiziune.

Semnalul audio (programul sonor asociat imaginii), de bandă 15 kHz, este transmis prin modulația în frecvență a purtătoarei de sunet, cu o deviație maximă de frecvență $\Delta f_{\max} = \pm 50$ kHz. În aceste condiții banda ocupată de semnalul modulat în frecvență este de:

$$B_{RF-MF} \cong 2(1 + \beta + \sqrt{\beta}) \cdot f_{AF \max} = 185 \text{ kHz} \quad (6.1)$$

7. Să se reprezinte structura unui canal TV în cazul unei lărgimi de bandă a canalului de 8 MHz. (STV paragraful 6.3 , paginile 104-106)

2/2

106 Transmisia informației în televiziunea radiodifuzată - 6

unde indicele de modulație în frecvență β are valoarea:

$$\beta = \frac{\Delta f_{\max}}{f_{AF \max}} = \frac{50}{15} = 3,33 \quad (6.2)$$

În aceste condiții s-a alocat pentru canalul de sunet o bandă de 0,5 MHz, iar pentru caracteristica amplitudine–frecvență a emițătorului de sunet un palier de 250 kHz. Prin faptul că se folosește o transmisiune cu MF, care asigură la locul de recepție un raport S/Z mai bun ca în cazul MA, puterea emițătorului de sunet poate fi de 2÷10 ori mai mică decât puterea emițătorului de imagine. Mai mult, ca la orice transmisiune cu MF, se folosește accentuarea–deaccentuarea pentru îmbunătățirea raportului S/Z la frecvențe audio ridicate.

Ecartul între frecvențele purtătoare de imagine și de sunet este de:

$$f_{pi} - f_{ps} = 6,5 \text{ MHz sau } 5,5 \text{ MHz} \quad (6.3)$$

Dezvoltarea tehnicilor numerice de transmisie precum și apariția aparaturii audio–video de înaltă performanță au condus la apariția sistemelor cu transmisie pe două canale a sunetului. În aceste condiții, utilizarea în receptoarele TV a unor căi de audiofrecvență de înaltă performanță, care a fost considerată inițial un lux inutil, a devenit o cerință a receptoarelor moderne. La ora actuală receptoarele TV au prevăzute căi de sunet stereofonice cu posibilitatea reglării redării (balans, ton etc.).

O primă îmbunătățire a calității sunetului asociat imaginii a constituit-o transmisiunea stereofonică sau simultană în două limbi. Aceasta a fost adoptată în normele de televiziune B/G, I din standardul CCIR și a avut ca cerințe impuse:

- compatibilitatea cu transmisiunea TV standard de sunet (redarea transmisiei stereo pe receptoarele mono și, respectiv, redarea transmisiei mono pe receptoarele stereo);
- obținerea pentru sunet a aceleiași calități ca și în cazul transmisiei din radiodifuziunea MF;
- diafonie minimă între cele două canale, cu posibilitatea selecției modului de redare funcție de tipul transmisiei (prin transmiterea unui indicativ pentru recunoașterea de către decodorul din receptor a modului de lucru: mono, stereo sau două limbi).

Practic, în cazul sistemelor de transmisiune TV europene au fost adoptate două soluții pentru transmisia semnalului de sunet pe două canale:

- transmisia analogică, în care există, pe lângă purtătoarea de sunet standard, și o a doua purtătoare de sunet MF (sistem cu două purtătoare de sunet);
- transmisia digitală, în care informația suplimentară stereo este transmisă în format NICAM (Near Instantaneous Compounding Audio Modulation).

8. Condițiile care stau la baza alegerii frecvenței de eșantionare pentru semnalul de luminanță în standardul de studio 4:2:2. (STV Televiziune Digitală, pag. 64-67) 1/2

unităților de efecte speciale, a generatoarelor de caractere, a echipamentelor pentru grafică etc.

În concluzie, un pas important în dezvoltarea televiziunii digitale a fost făcut prin adoptarea, pe plan mondial, a unui standard unic de codare digitală a semnalelor video (de televiziune) la nivelul studiourilor de televiziune, cunoscut ca *Recomandarea 601 a CCIR*. Realizarea compatibilității dintre sistemele de televiziune cu 625 linii/50 cadre/s și cu 525 linii/60 cadre/s a fost posibilă datorită valorii apropiate a frecvenței liniilor.

Toate aceste considerente au condus la adoptarea *standardului digital de studio* cunoscut sub abrevierea 4:2:2. În esență, acest standard prevede că în studiourile de televiziune se va folosi la scară mondială un standard principal de codare pe semnale componente, în care frecvențele de eșantionare ale semnalului de luminanță și semnalelor diferență de culoare sunt în raportul 4:2:2.

Caracteristicile standardului principal de studio 4:2:2

Valorile parametrilor codării conform standardului principal de studio 4:2:2 sunt date în tabelul 2.1 [5].

Tabelul 2.1. Valorile parametrilor codării în standardul 4:2:2.

Parametrii	Sistemul cu 525 linii, 30 cadre/s $f_{H(525)} = 15.734,265 \text{ Hz}$ $T_{H(525)} = 63,555 \mu\text{s}$	Sistemul cu 625 linii, 25 cadre/s $f_{H(625)} = 15.625 \text{ Hz}$ $T_{H(625)} = 64 \mu\text{s}$
Semnalele codate	$Y, R-Y, B-Y$ (Y, C_{R-Y}, C_{B-Y})	
Structura de eșantionare	Ortogonală (repetitivă pe linii, semicadre și cadre). Semnalele $R-Y$ și $B-Y$ sunt situate spațial în aceeași poziții cu eșantioanele impare ale semnalului Y	
Frecvența de eșantionare: - pentru semnalul de luminanță Y - pentru semnalele diferență de culoare $R-Y, B-Y$	$f_E = 13,5 \text{ MHz}$ ($T_E = 74,074 \text{ ns}$) $f_{E(C)} = 6,75 \text{ MHz}$ ($T_{E(C)} = 148,148 \text{ ns}$)	
Modul de codare	Uniform cuantizat, MIC cu $n = 8$ biți/eșantion, pentru fiecare din semnalele $Y, R-Y$ și $B-Y$	
Numărul de eșantioane pe întreaga linie: - pentru semnalul de luminanță Y - pentru semnalele diferență de culoare $R-Y, B-Y$	858 429	864 432

Numărul de eșantioane pe linia digitală activă: - pentru semnalul de luminanță Y - pentru semnalele diferență de culoare $R-Y, B-Y$	720 360
Correspondența dintre nivelurile semnalului video și nivelurile de cuantizare: - pentru semnalul de luminanță Y - pentru semnalele diferență de culoare $R-Y, B-Y$	Numărul total al nivelurilor de cuantizare: $N = 2^8 = 256$ 220 niveluri de cuantizare, cu nivelul de negru corespunzător nivelului 16 și cu nivelul de alb corespunzător nivelului 235 224 niveluri de cuantizare, cu nivelul zero corespunzător nivelului 128

În paragrafele care urmează se vor justifica valorile parametrilor codării în standardul principal de studio 4:2:2.

Semnale video utilizate pentru codarea digitală

Din tabelul 2.1 rezultă că semnalele video supuse codării digitale în standardul de studio sunt *semnalul de luminanță Y* și cele două *semnale diferență de culoare $R-Y$* și *$B-Y$* , utilizate și în televiziunea în culori. Utilizarea acestor semnale facilitează și schimbul internațional de programe, care se poate face la nivelul semnalelor componente, independent de sistemul TV în culori folosit, cu o micșorare sensibilă a pierderilor de calitate.

Aceste semnale pot fi obținute și în urma decodării semnalelor analogice codate PAL, NTSC sau SECAM, cu scăderea inevitabilă a calității semnalelor obținute, deci a imaginii. Este posibilă și codarea digitală a semnalelor R, G, B , provenite de la o sursă video, efectuând apoi o matriciere digitală a acestora pentru a obține semnalele digitale de luminanță și diferență de culoare.

După cum s-a prezentat în paragraful 2.4.1.1, în televiziunea digitală, din considerente de ordin tehnic, legate de realizarea convertoarelor analog-digiale, *domeniile de variație ale semnalelor diferență de culoare* trebuie aduse la aceeași valoare cu cea a domeniului de variație a semnalului de luminanță, adică la valoarea unitară.

În aceste condiții, semnalele video codate digital în standardul de studio sunt, de fapt, semnalul de luminanță Y , care este un semnal unipolar cu o variație în limitele $0 \div 1$, și semnalele diferență de culoare comprimate C_{R-Y} și C_{B-Y} (v. relațiile (2.5) și (2.6)), care sunt semnale bipolare cu o variație în limitele $\pm 0,5$.

8. Condițiile care stau la baza alegerii frecvenței de eșantionare pentru semnalul de luminanță în standardul de studio 4:2:2. (STV Televiziune Digitală, pag. 64-67) 2/2

Alegerea frecvențelor de eșantionare.

Structura de eșantionare

După cum s-a prezentat în paragraful 2.4.1.2, alegerea frecvențelor de eșantionare în codarea digitală, pentru semnalul de luminanță Y și semnalele diferență de culoare C_{R-Y} și C_{B-Y} , este determinată de:

lărgimea de bandă a acestor semnale și de complexitatea filtrelor analogice și digitale utilizate;

structura de eșantionare utilizată, adică de poziționarea eșantioanelor pe ecran.

Standardul principal de studio prevede utilizarea unei *structuri de eșantionare ortogonale*, care presupune situarea eșantioanelor în aceeași poziție pe toate liniile unui cadru, cu păstrarea aceleiași structuri pentru toate cadrele, conducând la alinierea pe verticală a acestora. Se ajunge astfel la o structură periodică pe linii, semicadre și cadre de imagine. Cu alte cuvinte, poziția elementelor de imagine se păstrează în timp. Această structură permite sumarea simplă a semnalelor adiacente, fără deteriorarea rezoluției pe orizontală sau pe verticală, facilitându-se astfel realizarea sistemelor de conversie de standard, a unităților digitale de efecte speciale video etc.

La adoptarea standardului unic de codare digitală a semnalelor video la nivelul studiourilor de televiziune s-au avut în vedere cele două sisteme principale de televiziune în culori, sistemul european, cu 625 linii/cadru și 25 cadre/s, și sistemul american, cu 525 linii/cadru și 30 cadre/s.

Pentru realizarea structurii ortogonale de eșantionare, după cum s-a precizat în paragraful 2.4.1.2, este necesar ca frecvența de eșantionare să fie un multiplu întreg al frecvenței liniilor. Întrucât cele două sisteme de televiziune au frecvența liniilor diferită, 15.625 Hz pentru sistemul cu 625 linii/50 Hz, respectiv 15.734,265 Hz pentru sistemul cu 525 linii/60 Hz, frecvența de eșantionare trebuie să fie un multiplu comun al celor două frecvențe ale liniilor, mai mare decât valoarea rezultată din teorema eșantionării, adică 13,2 MHz (v. condiția (2.8)), valoare care a rezultat pentru o lărgime de bandă a semnalului analogic de luminanță de 6 MHz. În aceste condiții s-a ales valoarea standardizată a frecvenței de eșantionare pentru semnalul de luminanță Y :

$$f_E = 13,5 \text{ MHz.} \quad (2.11)$$

Corespunzător frecvenței de eșantionare alese, se poate calcula durata unui eșantion numeric (perioada de eșantionare) pentru semnalul de luminanță:

$$T_E = 1/f_E = 1/13,5 \text{ MHz} = 74,074 \text{ ns} \quad (2.12)$$

În legătură cu alegerea frecvenței de eșantionare pentru semnalele diferență de culoare, a fost investigată dependența dintre calitatea subiectivă a imaginilor color și lărgimea de bandă a semnalelor diferență de culoare $R-Y$ și $B-Y$. S-a ajuns la concluzia că o lărgime de bandă de aproximativ 2,8 MHz pentru semnalele diferență de culoare (de circa 2 ori mai mare decât în sistemul TV în culori PAL) asigură o calitate suficient

de ridicată a imaginii. În aceste condiții a fost aleasă o frecvență de eșantionare de 6,75 MHz pentru semnalele diferență de culoare C_{R-Y} și C_{B-Y} , adică:

$$f_{E(C)} = f_E / 2 = 13,5 \text{ MHz} / 2 = 6,75 \text{ MHz} \quad (2.13)$$

Având în vedere că frecvența de eșantionare a semnalelor diferență de culoare este jumătate din frecvența de eșantionare a semnalului de luminanță, se obține și pentru semnalele diferență de culoare tot o structură ortogonală. Standardul prevede că eșantioanele semnalelor diferență de culoare sunt situate spațial, pe fiecare linie, în aceleași poziții cu eșantioanele impare ale semnalului de luminanță. În aceste condiții durata eșantioanelor digitale (perioada de eșantionare) pentru semnalele diferență de culoare va fi dublă față de cea a eșantioanelor semnalului de luminanță:

$$T_{E(C)} = 2 \times T_E = 148,148 \text{ ns} \quad (2.14)$$

În figura 2.10 se prezintă poziția eșantioanelor pentru semnalul de luminanță Y și semnalele diferență de culoare comprimate C_{R-Y} și C_{B-Y} în standardul principal 4:2:2.

Pentru a defini o familie de standarde compatibile, în standardul principal 4:2:2 frecvența de eșantionare pentru semnalul de luminanță de 13,5 MHz s-a reprezentat prin cifra 4 (v. paragraful 2.5.4). Raportul frecvențelor de eșantionare utilizate pentru cele 3 semnale componente justifică denumirea generică a standardului 4:2:2. Trebuie subliniat faptul că în standardul 4:2:2 semnalele componente digitale, corespunzătoare semnalului de luminanță și celor două semnale diferență de culoare comprimate, se transmit simultan.

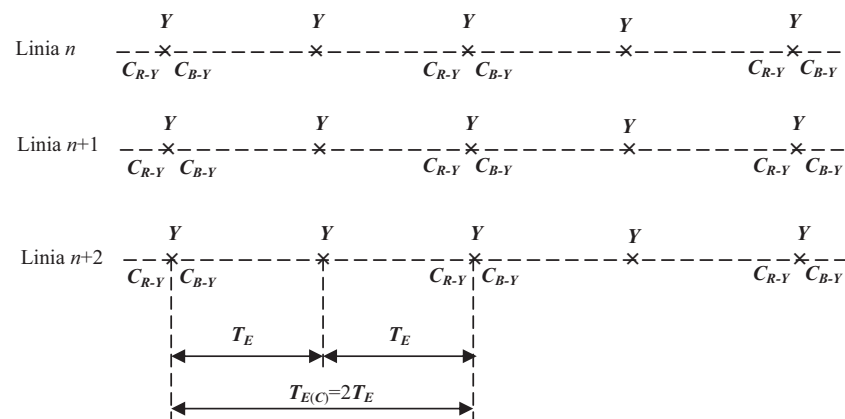


Fig. 2.10. Poziția eșantioanelor pentru semnalele de luminanță și diferență de culoare comprimate.

Folosirea aceleiași frecvențe de eșantionare pentru ambele standarde are drept rezultat simplificarea convertoarelor de standarde, iar aparatele de înregistrare digitale operează la o rată de date similară chiar dacă frecvențele cadrelor sunt diferite în cele

9. Să se determine debitul total de informație al semnalului digital în cazul codării pe semnalele componente, în cazul standardului de studio 4:2:2. (STV Televiziune Digitală, pag. 73-74)

$$C'_{R-Y} = 224 \times C_{R-Y} + 128 = 224 \times 0,713 \times (R - Y) + 128 \quad (2.24)$$

$$C'_{B-Y} = 224 \times C_{B-Y} + 128 = 224 \times 0,564 \times (B - Y) + 128 \quad (2.25)$$

Se observă că semnalul diferență de culoare cuantizat C'_{R-Y} , respectiv C'_{B-Y} , este deplasat cu 128 niveluri față de semnalul analogic C_{R-Y} , respectiv C_{B-Y} , și suferă o compresie de $(240-16)/255 = 0,878$.

Ca un exemplu, să determinăm codurile binare pentru semnalul de luminanță și semnalele diferență de culoare comprimate, ce se transmit în cazul unei imagini complet galbenă având luminanța maximă (100 %) și saturația maximă (100 %).

Pentru culoarea galben, definită prin $R = 1$, $G = 1$ și $B = 0$, se determină:

semnalul de luminanță $Y = 0,89$ cu relația (2.1);

semnalele diferență de culoare $R-Y = 0,11$ și $B-Y = -0,89$ cu relațiile (2.2) și, respectiv, (2.3);

semnalele diferență de culoare comprimate $C_{R-Y} = 0,081$ și $C_{B-Y} = -0,5$ cu relațiile (2.5) și, respectiv, (2.6);

semnalul de luminanță cuantizat exprimat prin valoare zecimală $Y' = 211$ cu relația (2.23);

semnalele diferență de culoare comprimate cuantizate exprimate prin valoarea zecimală $C'_{R-Y} = 146$ și $C'_{B-Y} = 16$ cu relațiile (2.24) și, respectiv, (2.25);

codul binar pentru semnalul de luminanță 11010011;

codurile binare pentru semnalele diferență de culoare comprimate 10010010 și, respectiv, 00010000.

Debitul de informație standard

Debitul de informație pentru semnalul digital, ca măsură a cantității de informație necesar a fi transmisă într-o secundă (sau a vitezei de transmisie a eșantionanelor), este produsul dintre frecvența de eșantionare f_E și numărul de biți n cu care este codat un eșantion, adică:

$$D = f_E \cdot n \quad [\text{biți/secundă}] \quad (2.10)$$

Întrucât în standardul 4:2:2 semnalele video supuse codării digitale sunt semnalul de luminanță, Y , și cele două semnale diferență de culoare comprimate, C_{R-Y} și C_{B-Y} , se impune calculul debitului de informație pentru fiecare din semnalele componente digitale, Y' , C'_{R-Y} , C'_{B-Y} .

Având în vedere că frecvența de eșantionare pentru semnalul de luminanță este de 13,5 MHz și că fiecare eșantion este codat cu 8 biți, pentru semnalul digital de luminanță Y' rezultă un debit de informație de:

$$D_{Y'} = 13,5 \text{ MHz} \times 8 \text{ biți} = 108 \text{ Mbit/s} \quad (2.26)$$

În mod similar se calculează debitele de informație pentru semnalele digitale diferență de culoare C'_{R-Y} și, respectiv, C'_{B-Y} :

$$D_{C'_{R-Y}} = 6,75 \text{ MHz} \times 8 \text{ biți} = 54 \text{ Mbit/s} \quad (2.27)$$

$$D_{C'_{B-Y}} = 6,75 \text{ MHz} \times 8 \text{ biți} = 54 \text{ Mbit/s} \quad (2.28)$$

În situația în care semnalele componente digitale, Y' , C'_{R-Y} , C'_{B-Y} , se transmit serial pe canal, debitul total de informație al semnalului digital complet se obține prin sumarea debitelor parțiale ale semnalelor componente digitale. În aceste condiții debitul total de informație al semnalului digital în cazul standardului de studio 4:2:2 va fi egal cu:

$$D = D_{Y'} + D_{C'_{R-Y}} + D_{C'_{B-Y}} = 108 + 54 + 54 = 216 \text{ Mbit/s} \quad (2.29)$$

Un debit de informație de această valoare depășește posibilitățile de transmisie în radiofrecvență pe un canal de televiziune. Acesta este unul din principalele motive pentru care s-a specificat faptul că aplicabilitatea standardului 4:2:2 se limitează la nivelul studiourilor, după cum arată și numele său. În studiourile de televiziune, prin transmisia semnalelor componente digitale în *format paralel* pe 8 canale de transmisie, (transmisia în paralel a codului de 8 biți) debitul de informație pe un canal scade de 8 ori, atingând valoarea de 27 Mbit/s.

Y_1'	Y_2'	Y_3'	Y_4'	13,5 MHz				
$C_{(R-Y)1}'$				$C_{(R-Y)2}'$	6,75 MHz			
$C_{(B-Y)1}'$				$C_{(B-Y)2}'$	6,75 MHz			
$C_{(B-Y)1}'$	Y_1'	$C_{(R-Y)1}'$	Y_2'	$C_{(B-Y)2}'$	Y_3'	$C_{(R-Y)2}'$	Y_4'	27 MHz

Fig. 2.15. Multiplexarea semnalelor digitale Y' , C'_{R-Y} , C'_{B-Y} în format paralel [8].

După cum se arată în figura 2.15, cuvintele de date de 8 biți se transmit cu o frecvență de 27 MHz, fiind multiplexate în ordinea C'_{B-Y} , Y' , C'_{R-Y} , Y' , C'_{B-Y} , Y' , C'_{R-Y} , Y' , ... Primul cuvânt al fiecărei linii digitale active începe cu semnalul C'_{B-Y} .

10. Structura de eşantionare ortogonală pentru semnalul de luminanță și, respectiv, pentru semnalele diferență de culoare, în cazul standardului de studio 4:2:2. Condiția realizării unei structuri de eşantionare ortogonală. (STV Televiziune Digitală, pag. 63-67)

1/2

Standardul principal de studio 4:2:2 (Recomandarea 601 a CCIR)

Problema standardizării

Dezvoltarea tehnicilor de televiziune digitală nu a fost legată la început de utilizarea lor în studiourile de televiziune, ci în aplicațiile de transmitere a semnalelor de televiziune prin rețele de comunicații între studiouri și transmițătoare. Se impunea introducerea unui standard de codare digitală a semnalului video, unic pe plan mondial, care să înlocuiască standardele codării analogice existente pentru sistemele PAL, SECAM și NTSC.

După îndelungate discuții referitoare la standardizarea transmisiilor de televiziune digitală, în 1982 a fost adoptată prima recomandare referitoare la codarea digitală a semnalelor video în studiourile de televiziune. Prin această recomandare s-a creat o bază pentru dezvoltarea și introducerea televiziunii digitale, cu toate că standardul digital respectiv este afectat de restricția aplicării doar în domeniul studiourilor de televiziune și a echipamentelor de producție. Această recomandare rămâne singurul standard major din domeniul televiziunii care a fost acceptat de către producătorii și distribuitorii de programe TV.

În principiu, codarea digitală poate fi efectuată fie asupra semnalelor analogice de culoare primare R, G, B sau a semnalelor primare de transmisie $Y, R-Y, B-Y$ (codare pe semnale componente) fie asupra semnalului analogic video complex de culoare (codare pe semnal complex de culoare) [5].

Utilizarea variantei de codare pe semnale componente este preferabilă variantei de codare pe semnalul complex de culoare din două motive majore:

- oferă posibilitatea unor procesări complexe ale semnalelor componente, impuse de producția de programe de televiziune, menținând o calitate ridicată a imaginii;
- conduce la dispariția în lanțul de televiziune de la sursă la emițător a diferențelor dintre sistemele de televiziune în culori PAL, SECAM și NTSC (exceptând diferența dintre frecvențele cadrelor), ceea ce va simplifica considerabil schimbul internațional de programe.

În cazul utilizării semnalului video complex de culoare, prelucrările anterioare obținerii semnalului complex de culoare conduc la afectarea unor parametri ai imaginii. O altă limitare este legată de introducerea de cerințe tot mai sofisticate de procesare a semnalelor în procesul de post–producție a programelor de televiziune, care implică un proces complex de editare electronică, cu o largă folosire a mixerelor video și a

unităților de efecte speciale, a generatoarelor de caractere, a echipamentelor pentru grafică etc.

În concluzie, un pas important în dezvoltarea televiziunii digitale a fost făcut prin adoptarea, pe plan mondial, a unui standard unic de codare digitală a semnalelor video (de televiziune) la nivelul studiourilor de televiziune, cunoscut ca *Recomandarea 601 a CCIR*. Realizarea compatibilității dintre sistemele de televiziune cu 625 linii/50 cadre/s și cu 525 linii/60 cadre/s a fost posibilă datorită valorii apropiate a frecvenței liniilor.

Toate aceste considerente au condus la adoptarea *standardului digital de studio* cunoscut sub abrevierea 4:2:2. În esență, acest standard prevede că în studiourile de televiziune se va folosi la scară mondială un standard principal de codare pe semnale componente, în care frecvențele de eşantionare ale semnalului de luminanță și semnalelor diferență de culoare sunt în raportul 4:2:2.

Caracteristicile standardului principal de studio 4:2:2

Valorile parametrilor codării conform standardului principal de studio 4:2:2 sunt date în tabelul 2.1 [5].

Tabelul 2.1. Valorile parametrilor codării în standardul 4:2:2.

Parametrii	Sistemul cu 525 linii, 30 cadre/s $f_{H(525)} = 15.734,265 \text{ Hz}$ $T_{H(525)} = 63,555 \text{ }\mu\text{s}$	Sistemul cu 625 linii, 25 cadre/s $f_{H(625)} = 15.625 \text{ Hz}$ $T_{H(625)} = 64 \text{ }\mu\text{s}$
Semnalele codate	$Y, R-Y, B-Y$ (Y, C_{R-Y}, C_{B-Y})	
Structura de eşantionare	Ortogonală (repetitivă pe linii, semicadre și cadre). Semnalele $R-Y$ și $B-Y$ sunt situate spațial în aceleași poziții cu eşantioanele impare ale semnalului Y	
Frecvența de eşantionare: - pentru semnalul de luminanță Y - pentru semnalele diferență de culoare $R-Y, B-Y$	$f_E = 13,5 \text{ MHz}$ ($T_E = 74,074 \text{ ns}$) $f_{E(C)} = 6,75 \text{ MHz}$ ($T_{E(C)} = 148,148 \text{ ns}$)	
Modul de codare	Uniform cuantizat, MIC cu $n = 8$ biți/eşantion, pentru fiecare din semnalele $Y, R-Y$ și $B-Y$	
Numărul de eşantioane pe întreaga linie: - pentru semnalul de luminanță Y - pentru semnalele diferență de culoare $R-Y, B-Y$	858 429	864 432

Numărul de eşantioane pe linia digitală activă: - pentru semnalul de luminanță Y - pentru semnalele diferență de culoare $R-Y, B-Y$	720 360
Correspondența dintre nivelurile semnalului video și nivelurile de cuantizare: - pentru semnalul de luminanță Y - pentru semnalele diferență de culoare $R-Y, B-Y$	Numărul total al nivelurilor de cuantizare: $N = 2^8 = 256$ 220 niveluri de cuantizare, cu nivelul de negru corespunzător nivelului 16 și cu nivelul de alb corespunzător nivelului 235 224 niveluri de cuantizare, cu nivelul zero corespunzător nivelului 128

În paragrafele care urmează se vor justifica valorile parametrilor codării în standardul principal de studio 4:2:2.

Semnale video utilizate pentru codarea digitală

Din tabelul 2.1 rezultă că semnalele video supuse codării digitale în standardul de studio sunt *semnalul de luminanță Y* și cele două *semnale diferență de culoare $R-Y$* și *$B-Y$* , utilizate și în televiziunea în culori. Utilizarea acestor semnale facilitează și schimbul internațional de programe, care se poate face la nivelul semnalelor componente, independent de sistemul TV în culori folosit, cu o micșorare sensibilă a pierderilor de calitate.

Aceste semnale pot fi obținute și în urma decodării semnalelor analogice codate PAL, NTSC sau SECAM, cu scăderea inevitabilă a calității semnalelor obținute, deci a imaginii. Este posibilă și codarea digitală a semnalelor R, G, B , provenite de la o sursă video, efectuând apoi o matriciere digitală a acestora pentru a obține semnalele digitale de luminanță și diferență de culoare.

După cum s-a prezentat în paragraful 2.4.1.1, în televiziunea digitală, din considerente de ordin tehnic, legate de realizarea convertoarelor analog–digitale, *domeniile de variație ale semnalelor diferență de culoare* trebuie aduse la aceeași valoare cu cea a domeniului de variație a semnalului de luminanță, adică la valoarea unitară.

În aceste condiții, semnalele video codate digital în standardul de studio sunt, de fapt, semnalul de luminanță Y , care este un semnal unipolar cu o variație în limitele $0\div 1$, și semnalele diferență de culoare comprimate C_{R-Y} și C_{B-Y} (v. relațiile (2.5) și (2.6)), care sunt semnale bipolare cu o variație în limitele $\pm 0,5$.

10. Structura de eşantionare ortogonală pentru semnalul de luminanță și, respectiv, pentru semnalele diferență de culoare, în cazul standardului de studio 4:2:2. Condiția realizării unei structuri de eşantionare ortogonală. (STV Televiziune Digitală, pag. 63-67)

2/2

Alegerea frecvențelor de eşantionare. Structura de eşantionare

După cum s-a prezentat în paragraful 2.4.1.2, alegerea frecvențelor de eşantionare în codarea digitală, pentru semnalul de luminanță Y și semnalele diferență de culoare C_{R-Y} și C_{B-Y} , este determinată de:

lărgimea de bandă a acestor semnale și de complexitatea filtrelor analogice și digitale utilizate;
structura de eşantionare utilizată, adică de poziționarea eşantioanelor pe ecran.

Standardul principal de studio prevede utilizarea unei *structuri de eşantionare ortogonale*, care presupune situarea eşantioanelor în aceeași poziție pe toate liniile unui cadru, cu păstrarea aceleiași structuri pentru toate cadrele, conducând la alinierea pe verticală a acestora. Se ajunge astfel la o structură periodică pe linii, semicadre și cadre de imagine. Cu alte cuvinte, poziția elementelor de imagine se păstrează în timp. Această structură permite sumarea simplă a semicadrelor adiacente, fără deteriorarea rezoluției pe orizontală sau pe verticală, facilitându-se astfel realizarea sistemelor de conversie de standard, a unităților digitale de efecte speciale video etc.

La adoptarea standardului unic de codare digitală a semnalelor video la nivelul studiourilor de televiziune s-au avut în vedere cele două sisteme principale de televiziune în culori, sistemul european, cu 625 linii/cadru și 25 cadre/s, și sistemul american, cu 525 linii/cadru și 30 cadre/s.

Pentru realizarea structurii ortogonale de eşantionare, după cum s-a precizat în paragraful 2.4.1.2, este necesar ca frecvența de eşantionare să fie un multiplu întreg al frecvenței liniilor. Întrucât cele două sisteme de televiziune au frecvența liniilor diferită, 15,625 Hz pentru sistemul cu 625 linii/50 Hz, respectiv 15,734,265 Hz pentru sistemul cu 525 linii/60 Hz, frecvența de eşantionare trebuie să fie un multiplu comun al celor două frecvențe ale liniilor, mai mare decât valoarea rezultată din teorema eşantionării, adică 13,2 MHz (v. condiția (2.8)), valoare care a rezultat pentru o lărgime de bandă a semnalului analogic de luminanță de 6 MHz. În aceste condiții s-a ales valoarea standardizată a frecvenței de eşantionare pentru semnalul de luminanță Y :

$$f_E = 13,5 \text{ MHz.} \quad (2.11)$$

Corespunzător frecvenței de eşantionare alese, se poate calcula durata unui eşantion numeric (perioada de eşantionare) pentru semnalul de luminanță:

$$T_E = 1/f_E = 1/13,5 \text{ MHz} = 74,074 \text{ ns} \quad (2.12)$$

În legătură cu alegerea frecvenței de eşantionare pentru semnalele diferență de culoare, a fost investigată dependența dintre calitatea subiectivă a imaginilor color și lărgimea de bandă a semnalelor diferență de culoare $R-Y$ și $B-Y$. S-a ajuns la concluzia că o lărgime de bandă de aproximativ 2,8 MHz pentru semnalele diferență de culoare (de circa 2 ori mai mare decât în sistemul TV în culori PAL) asigură o calitate suficient

de ridicată a imaginii. În aceste condiții a fost aleasă o frecvență de eşantionare de 6,75 MHz pentru semnalele diferență de culoare C_{R-Y} și C_{B-Y} , adică:

$$f_{E(C)} = f_E / 2 = 13,5 \text{ MHz} / 2 = 6,75 \text{ MHz} \quad (2.13)$$

Având în vedere că frecvența de eşantionare a semnalelor diferență de culoare este jumătate din frecvența de eşantionare a semnalului de luminanță, se obține și pentru semnalele diferență de culoare tot o structură ortogonală. Standardul prevede că eşantioanele semnalelor diferență de culoare sunt situate spațial, pe fiecare linie, în aceleași poziții cu eşantioanele impare ale semnalului de luminanță. În aceste condiții durata eşantioanelor digitale (perioada de eşantionare) pentru semnalele diferență de culoare va fi dublă față de cea a eşantioanelor semnalului de luminanță:

$$T_{E(C)} = 2 \times T_E = 148,148 \text{ ns} \quad (2.14)$$

În figura 2.10 se prezintă poziția eşantioanelor pentru semnalul de luminanță Y și semnalele diferență de culoare comprimate C_{R-Y} și C_{B-Y} în standardul principal 4:2:2.

Pentru a defini o familie de standarde compatibile, în standardul principal 4:2:2 frecvența de eşantionare pentru semnalul de luminanță de 13,5 MHz s-a reprezentat prin cifra 4 (v. paragraful 2.5.4). Raportul frecvențelor de eşantionare utilizate pentru cele 3 semnale componente justifică denumirea generică a standardului 4:2:2. Trebuie subliniat faptul că în standardul 4:2:2 semnalele componente digitale, corespunzătoare semnalului de luminanță și celor două semnale diferență de culoare comprimate, se transmit simultan.

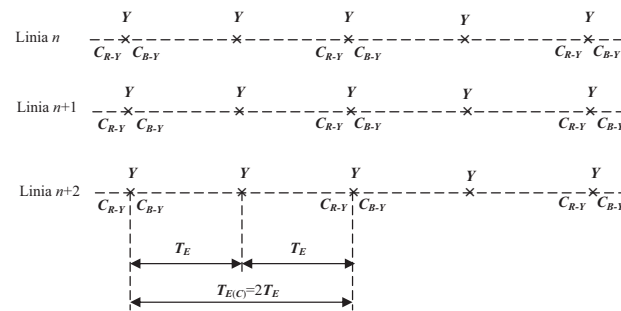


Fig. 2.10. Poziția eşantioanelor pentru semnalele de luminanță și diferență de culoare comprimate.

Folosirea aceleiași frecvențe de eşantionare pentru ambele standarde are drept rezultat simplificarea convertoarelor de standarde, iar aparatele de înregistrare digitale operează la o rată de date similară chiar dacă frecvențele cadrelor sunt diferite în cele