

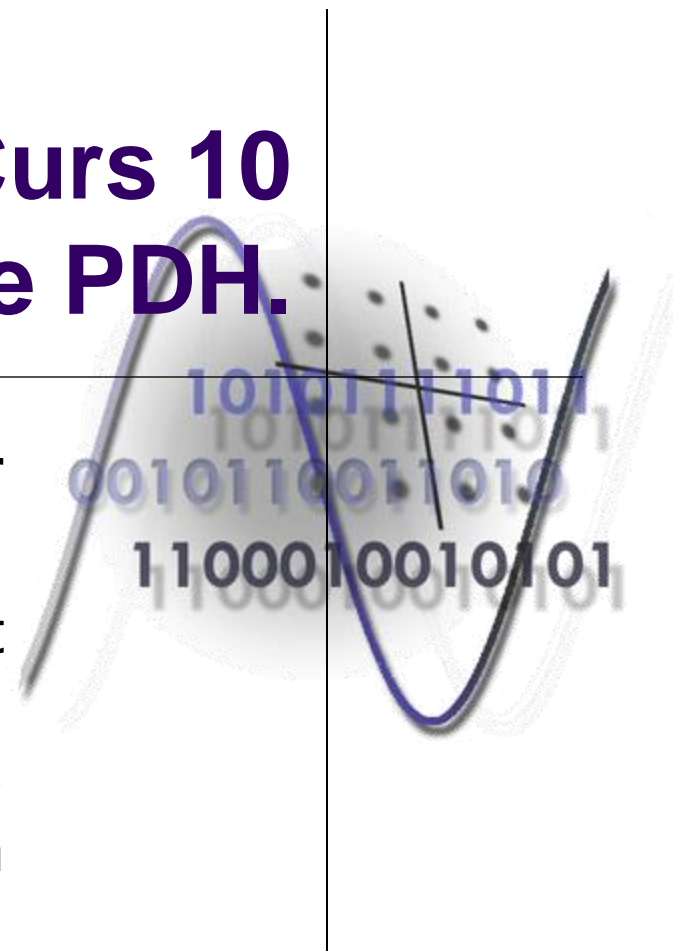
# Curs 10

## Ierarhia de multiplexare PDH.

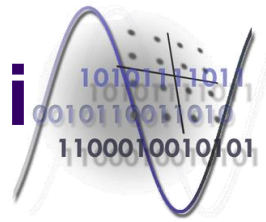
---

Zsolt Polgar

Communications Department  
Faculty of Electronics and  
Telecommunications,  
Technical University of Cluj-Napoca

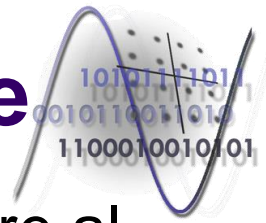


# Conținutul cursului



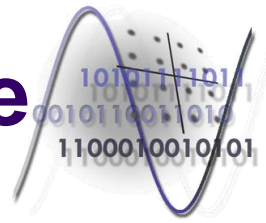
- Multiplexarea semnalelor plesiocrone;
  - Clasificarea semnalelor digitale;
  - Egalizarea de debit prin dopare;
  - Principiul dopării pozitive;
  - Inserarea semnalizării dopării.
- Ierarhia de multiplexare PDH;
  - Sisteme de transmisie PDH;
  - Formate de cadre PDH;
  - Dezavantajele sistemului PDH.
- Sincronizarea de cadru;
  - Metode de inserare a secvenței de sincronizare;
  - Echipamente de sincronizare ciclică;
  - Metode de sincronizare ciclică.

# Multiplexarea semnalelor digitale



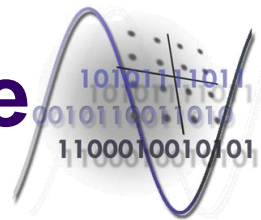
- Clasificarea semnalelor numerice din punctul de vedere al generării lor și a relației dintre semnalele lor de tact:
  - Semnale izocrone:
    - intervalul de timp dintre două momente semnificative este egal cu un interval de timp unitate sau cu multiplii acestuia.
  - Semnale anizocrone;
    - intervalul de timp ce separă două momente semnificative nu este legat de un interval unitate sau de multiplii acestuia;
    - simbolurile unui semnal anizocron nu au aceeași durată.
  - Semnale homocrone;
    - semnale izocrone cu aceeași rată și relație de fază constantă;
    - se pot împărți în:
      - semnale mezocrone – semnale izocrone cu aceeași rată și relație de fază variabilă – relație de fază medie constantă;
      - semnale sincrone – semnale izocrone cu aceeași rată și relație de fază constantă.

# Multiplexarea semnalelor digitale

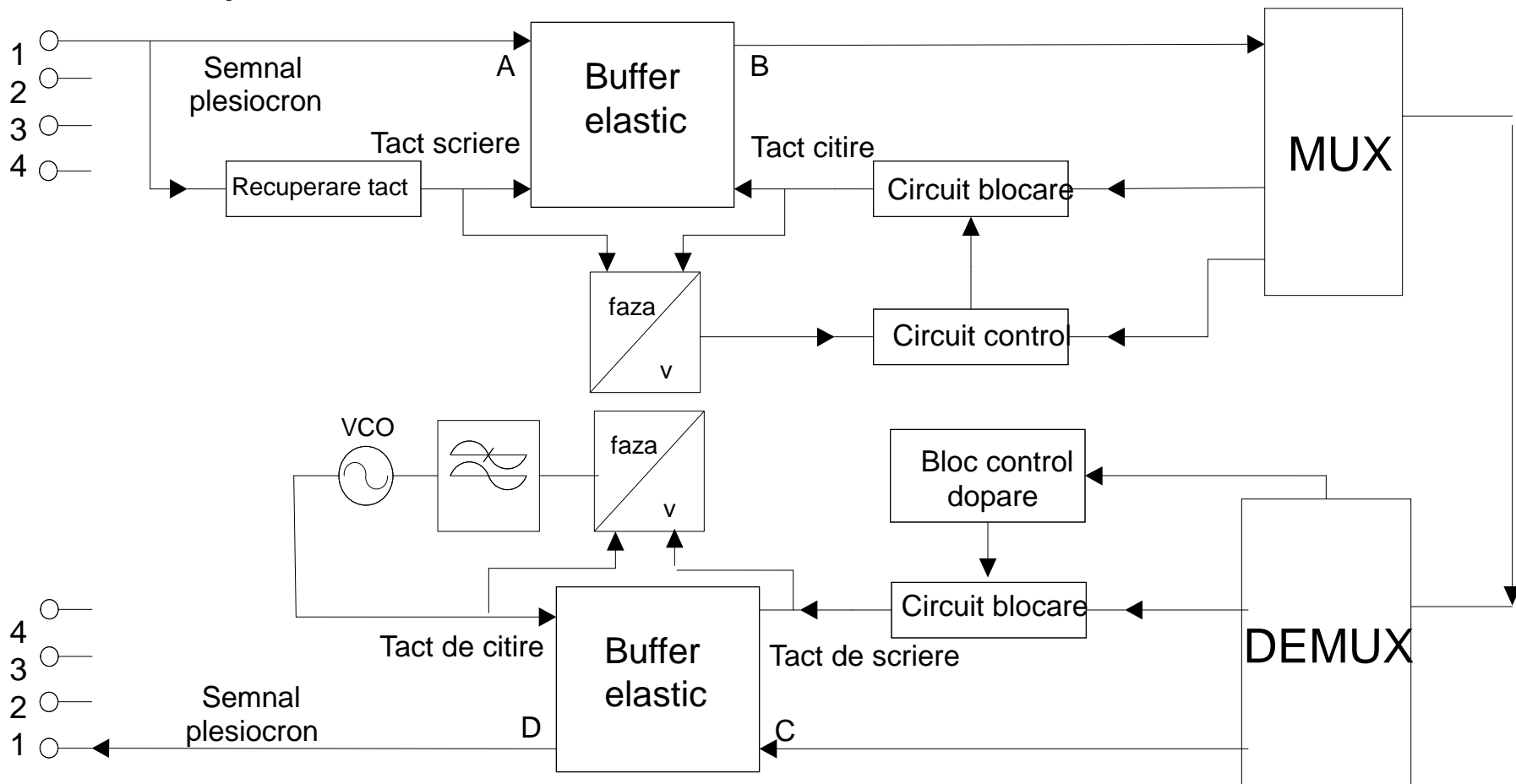


- Semnale heterocrone;
  - semnale izocrone cu rată diferită și relație de fază variabilă;
  - semnale plesiocrone – semnale cu aceeași rată nominală, toate abaterile de la această valoare nominală fiind menținute în limite specifice:
    - de ex. semnale cu rată nominală identică generate de surse diferite.
- Multiplexarea semnalelor plesiocrone:
  - Se poate realiza în două moduri:
    - generarea unor semnale cu stabilitate mare a frecvenței și utilizarea unor memorii tampon;
      - preț ridicat și pierdere periodică a informației;
    - utilizarea metodei dopării;
      - fără pierdere de informație;

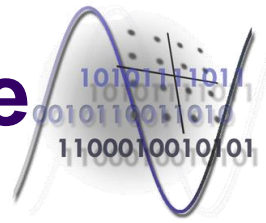
# Multiplexarea semnalelor plesiocrone



- Schema bloc a echipamentelor de multiplexare – demultiplexare a semnalelor PDH;

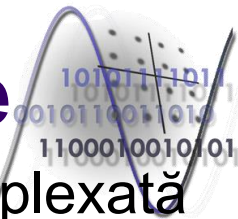


# Multiplexarea semnalelor plesiocrone

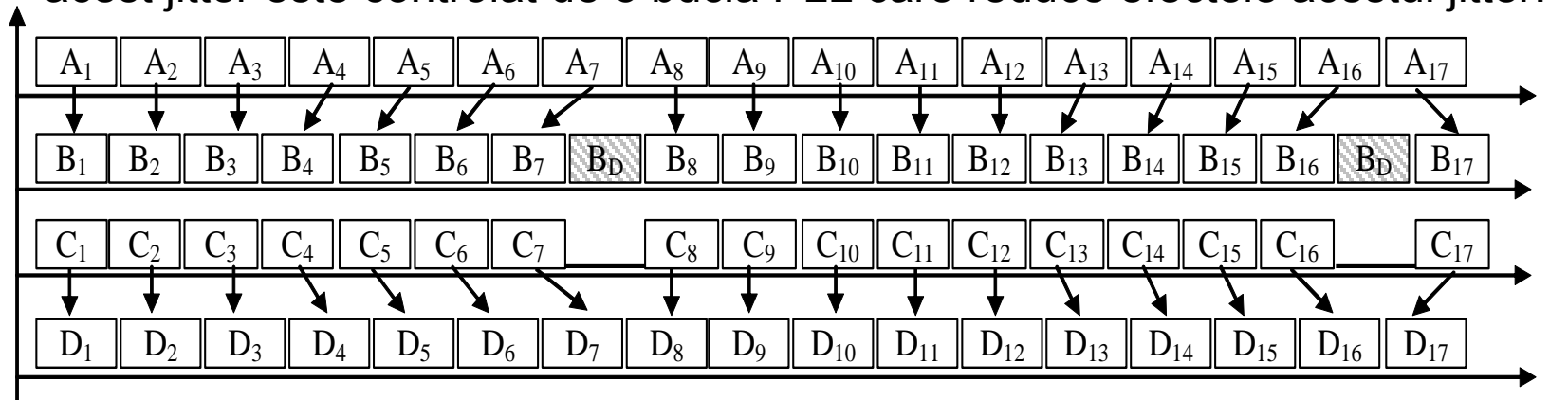


- Principiul adaptării debitului dintre afluent și multiplexor prin metoda dopării pozitive;
  - Semnalul binar asincron este scris într-o memorie elastică utilizând un tact specific,  $f_i$ ;
  - Citirea memoriei și transmisia semnalului pe canal se realizează utilizând un tact mai mare  $f_o > f_i$ ;
    - apare o tendință de golire a memoriei elastice;
    - se detectează prin utilizarea unui comparator de fază  $f_o - f_i$ ;
  - La depășirea unei valori a diferenței de fază (dintre semnale  $f_o$  și  $f_i$ ), comparatorul de fază generează o comandă de blocare a impulsurilor de citire
    - este creată o întrerupere în semnalul transmis (se inserează un impuls de dopare) care descrește diferența de fază dintre cele două semnale de tact;
      - impulsurile de dopare nu au informație utilă.

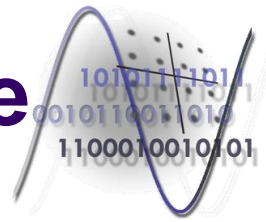
# Multiplexarea semnalelor plesiocrone



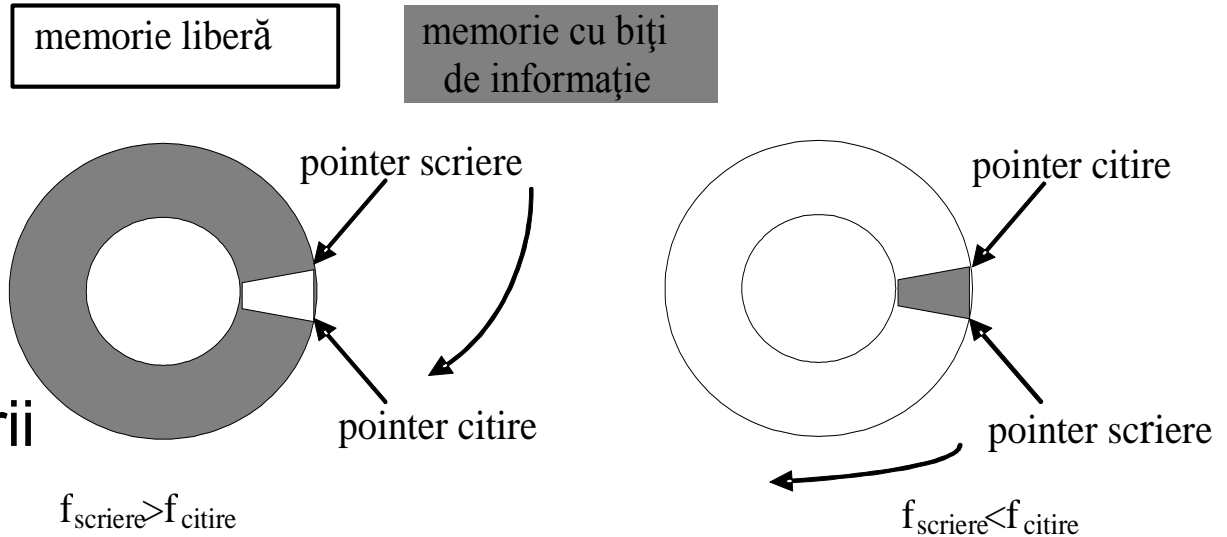
- Doparea este semnalizată la recepție pe o legătură multiplexată cu semnalul de date;
  - semnalizarea dopării este necesară pentru a informa receptorul despre momentul exact și poziția dopării;
    - această informație necesară pentru extragerea biților de dopare la recepție.
- În memoria elastică de la recepție se înscriu doar biții de informație cu un tact  $f_o$ , memoria fiind citită cu un tact  $f_i$ ;
- Extragerea impulsurilor de dopare generează un jitter (variație de fază) în semnalul de ieșire;
  - acest jitter este controlat de o buclă PLL care reduce efectele acestui jitter.



# Multiplexarea semnalelor plesiocrone



- Utilizarea memoriei elastice pentru adaptare de debit:

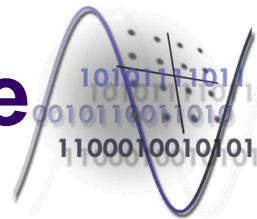


- Inserării semnalizării dopării:

- inserare individuală;
  - inserarea informației de semnalizare se realizează înaintea multiplexării;
  - metodă complexă la emisie, dar relativ simplă la recepție.
- inserare comună;
  - inserarea informației de semnalizare de la fiecare afluent se face într-un canal comun care este apoi multiplexat cu semnalele de date;
  - complexitate mai mică la emisie, dar complexitate mai mare la recepție.

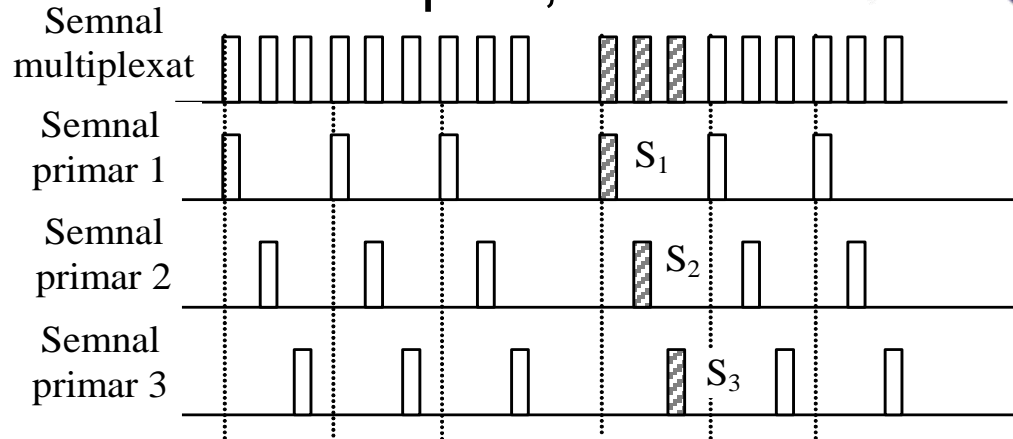


# Multiplexarea semnalelor plesiocrone

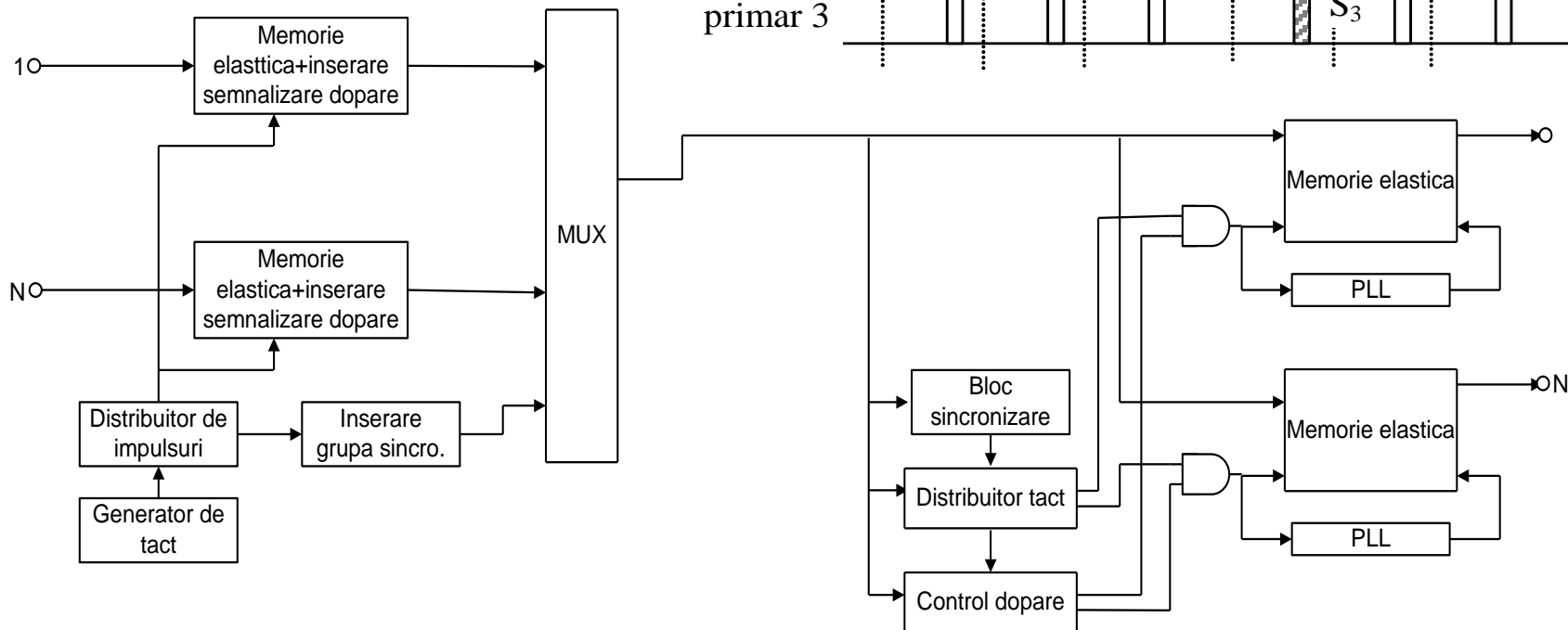


- Inserarea individuală a semnalizării dopării;

- Diagramă semnale:

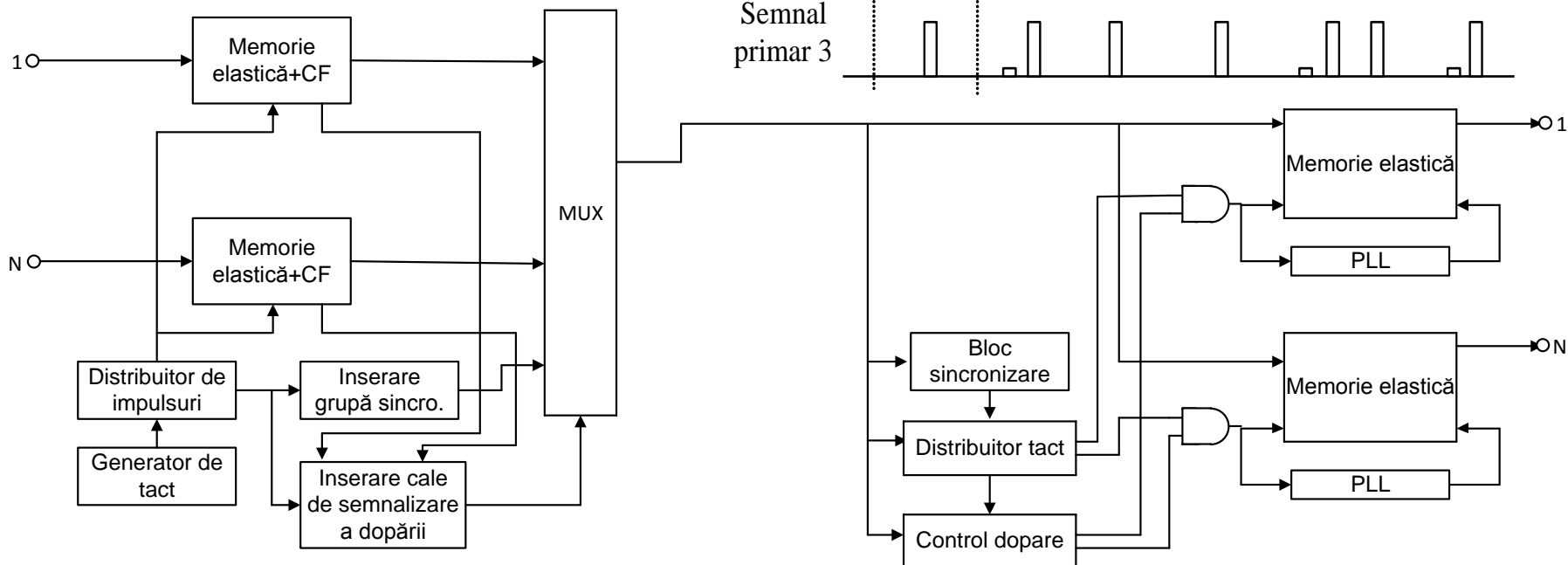
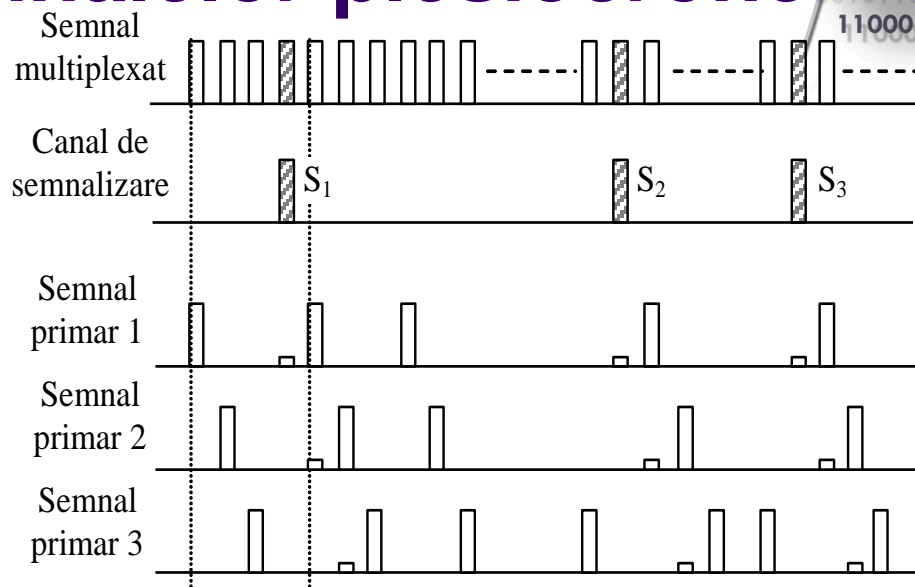


- Schemă bloc MUX și DEMUX:

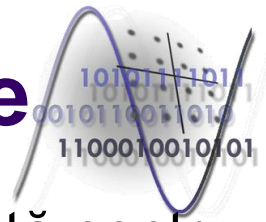


# Multiplexarea semnalelor plesiocrone

- Inserarea comună a semnalizării dopării;
- Diagramă semnale:
- Schemă bloc MUX și DEMUX:

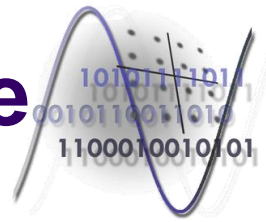


# Multiplexarea semnalelor plesiocrone



- Informația de semnalizare a dopării este foarte importantă pentru funcționarea echipamentelor de multiplexare;
  - dacă această informație este eronată biți diferiți de cei de dopare vor fi extrași din semnalul recepționat;
    - determină pierderea sincronizării;
  - este necesară codarea redundantă a acestei informații pentru protecția la erori;
    - de regulă se utilizează coduri de repetiție (biții se transmit de mai multe ori și se aplică o decizie majoritară).
    - ex. de semnalizare a dopării:  $c_1c_2c_3 = 1\ 1\ 1$ , lipsă dopare  $c_1c_2c_3 = 0\ 0\ 0$ ;
    - $c_1c_2c_3$  - biți de semnalizare dopare pentru un afluent/canal.
- Calculul frecvenței de dopare;
  - $N_0$  este numărul total de simboluri ale cadrului de transmisie;
  - $N_s$  este numărul total al simbolurilor de sincronizare și semnalizare;
  - $n_0$  este numărul total al simbolurilor de informație;
  - $\eta$  este eficiența cadrului.  $n_0 = N_0 - N_s ; \eta = \frac{n_0}{N_0}$

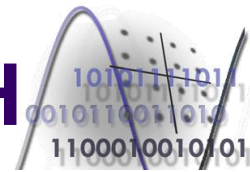
# Multiplexarea semnalelor plesiocrone



- $f_{sn}$  este valoarea nominală a tactului generat local;
- $f_{pn}$  este valoarea nominală a ratei de transfer a afluentului;
  - valoarea nominală a frecvenței de scriere.
- $f_{sn}'$  este valoarea nominală a frecvenței de citire din memoria elastică;
- $f_d$  este frecvența medie de dopare;
- $f_{dmax}$  este frecvența maximă de dopare.
  - obținută atunci când frecvența de citire este maximă și cea de scriere este minimă.

$$f_{sn}' = \eta \cdot f_{sn} ; f_d = f_{sn}' - f_{pn} > 0 ; f_{dmax} = \frac{f_{sn}}{N_0}$$

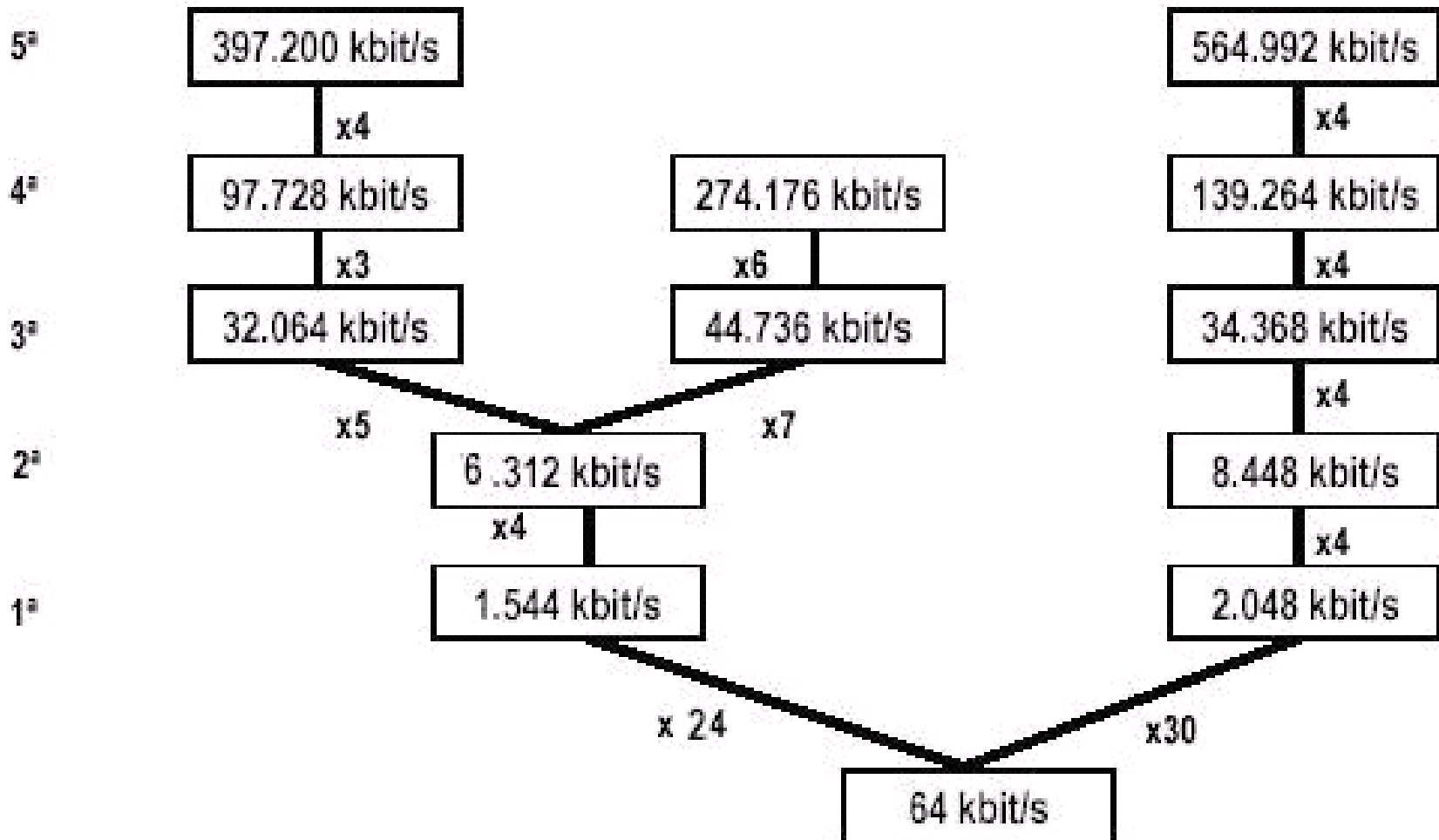
# Ierarhia de multiplexare PDH



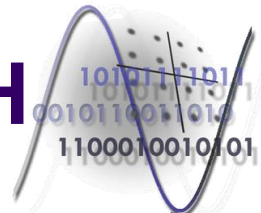
Norma japoneza

ANSI

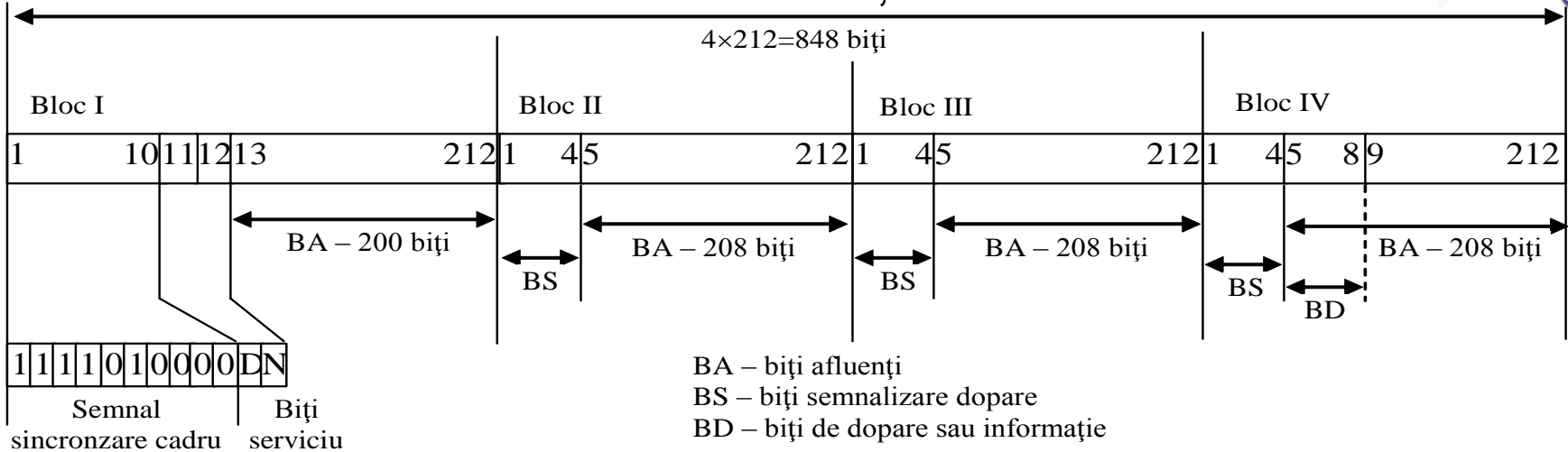
ITU-T



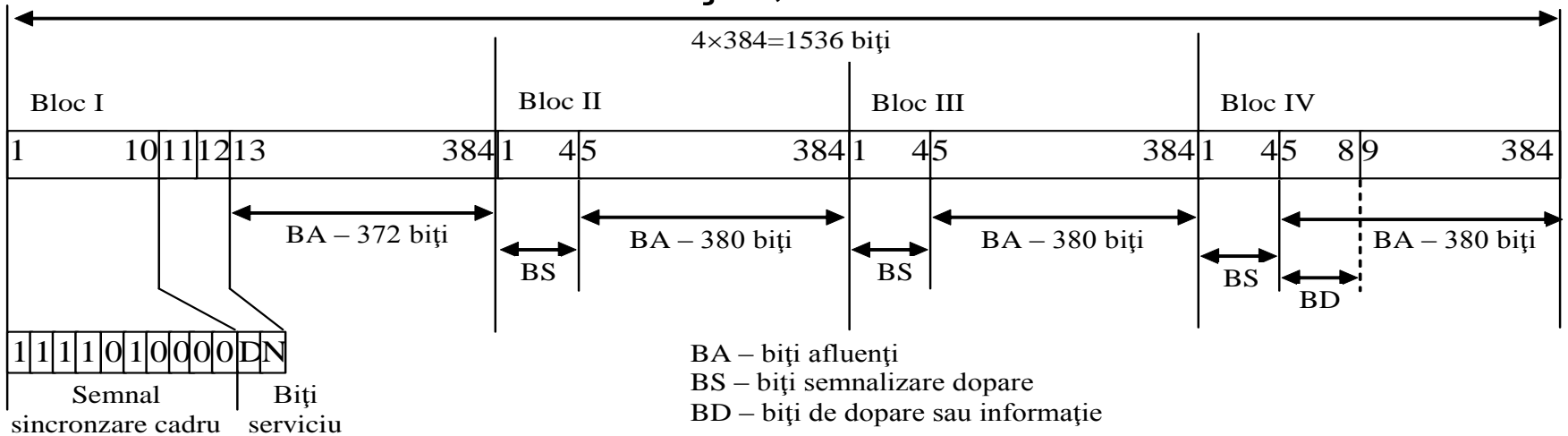
# Ierarhia de multiplexare PDH



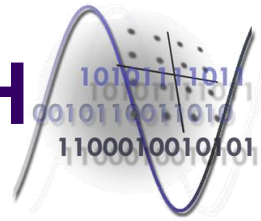
## ● Structura cadrului PDH secundar;



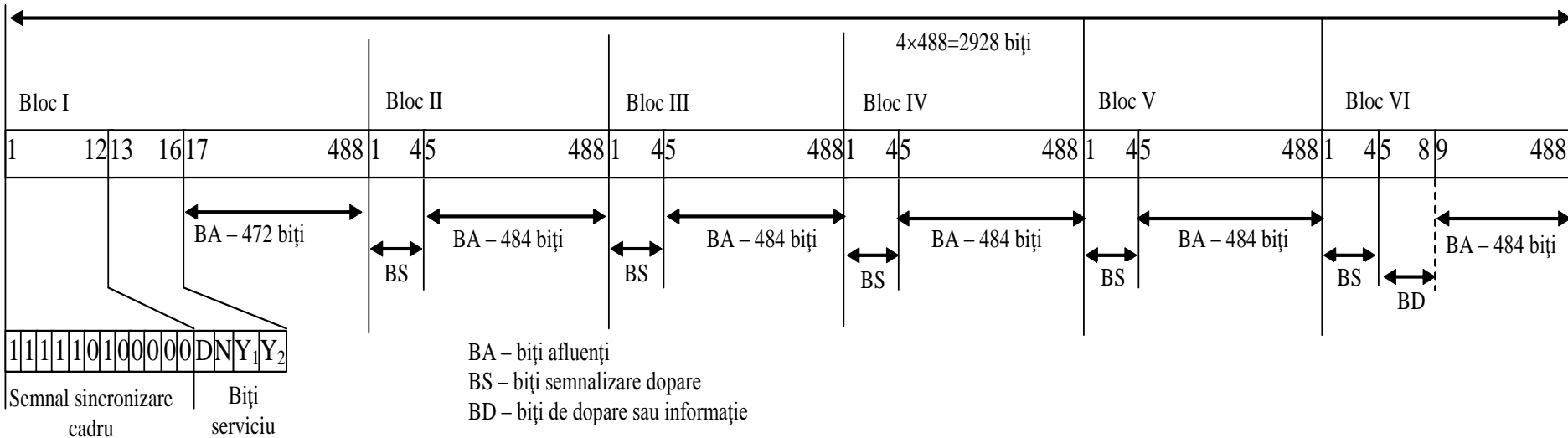
## ● Structura cadrului PDH terțiar;



# Ierarhia de multiplexare PDH



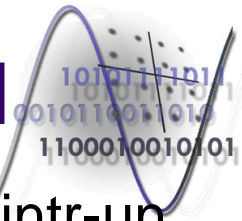
- Structura cadrului PDH cuaternar;



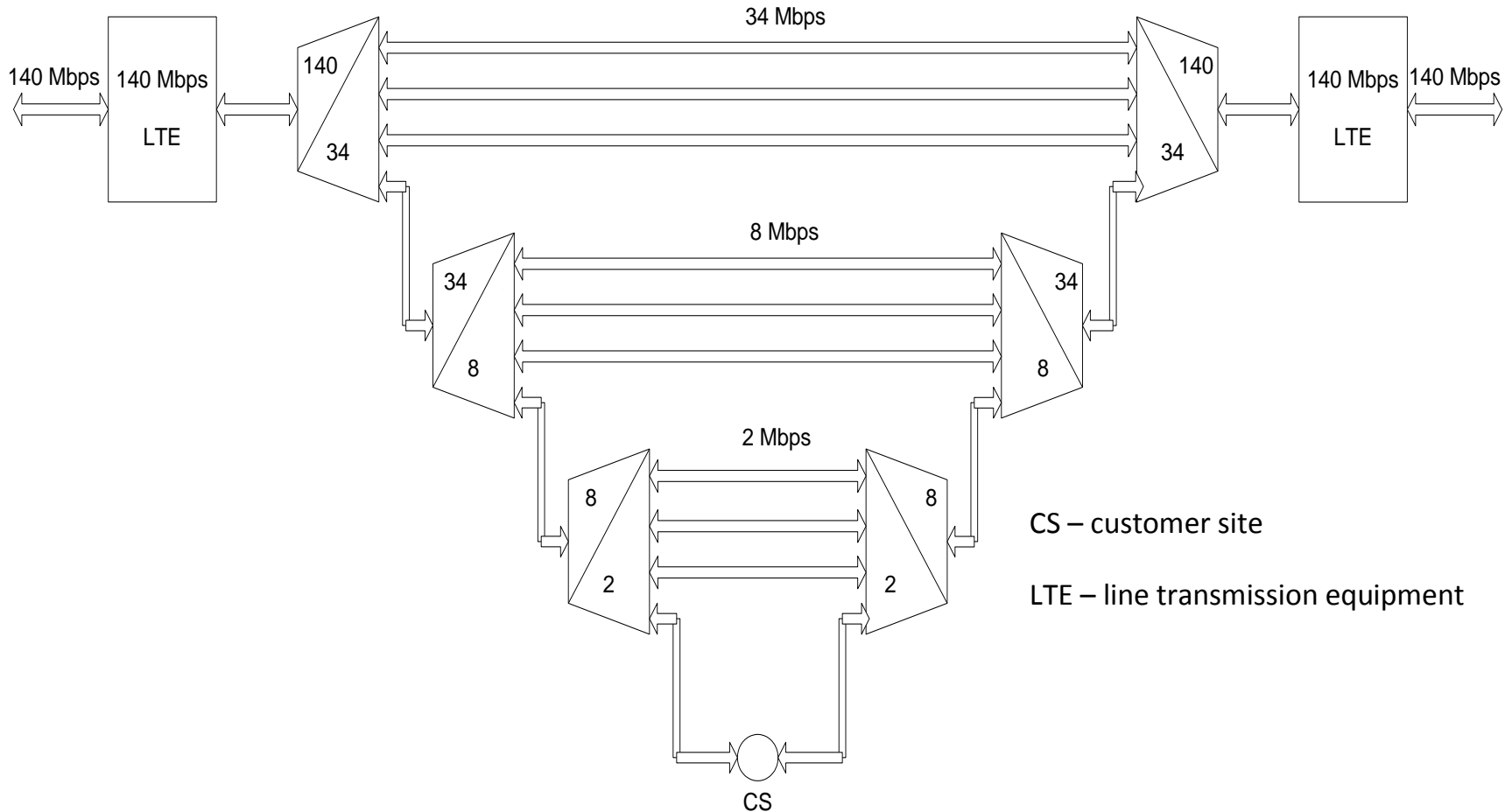
- Dezavantajele sistemelor PDH:

- posibilități de management limitate;
- flexibilitate redusă;
  - proiectat doar pentru transport de voce;
  - este relativ dificil de utilizat pentru alte servicii (de ex. date pachet de viteză mare);
- inserarea și extragerea fluxurilor de date de bază necesită demultiplexarea – remultiplexarea întregului semnal multiplex;

# Ierarhia de multiplexare PDH

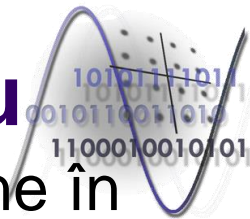


- Ex.: inserarea / extragerea unui flux de 2Mbps într-un / dintr-un semnal multiplex de 140 Mbps;



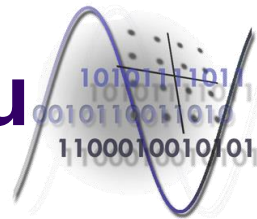


# Sincronizarea de cadru



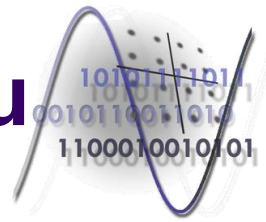
- În sistemele de transmisie cu multiplexare prin diviziune în timp este necesară:
  - Identificarea la recepție a ordinii de multiplexare a afluenților;
  - Identificarea primului bit din cadru.
- În semnalul digital multiplexat se introduce o secvență specială numită grupă de sincronizare
  - Relativ la această grupă se definește ordinea de multiplexare a afluenților;
- Procesul de *sincronizare ciclică sau de grup*:
  - Realizează alinierea dintre părțile de transmisie și recepție a sistemului digital de transmisie;
  - Menține și reface această aliniere la pierderea ei.
    - În unele situații sunt necesare două nivele de sincronizare: sincronizare de cadru și de cuvânt (caracteristic multiplexului PCM primar).

# Sincronizarea de cadru

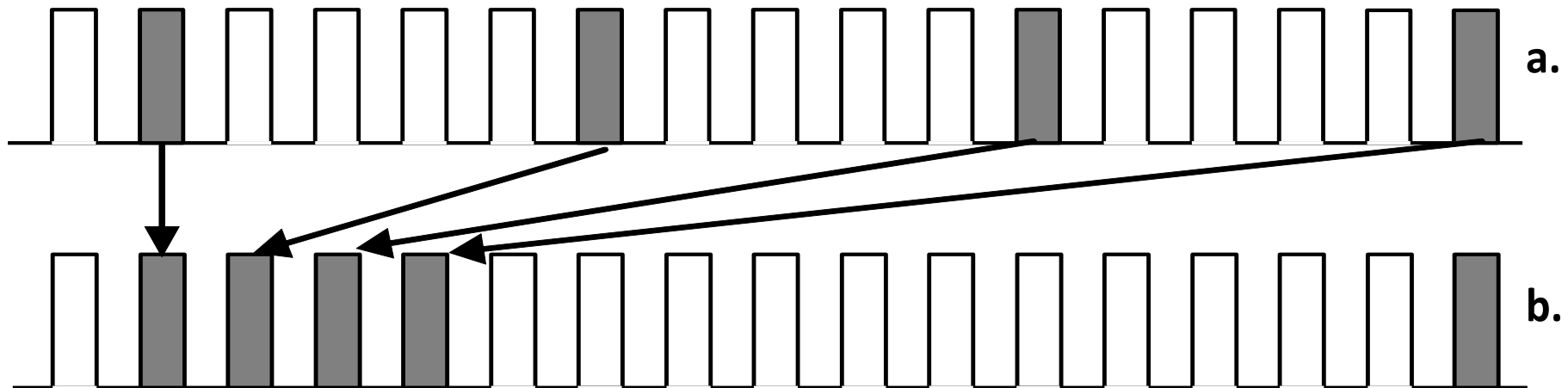


- Condiții impuse secvenței (grupe) de sincronizare:
  - Să se reducă cât mai mult posibil simulările (acestei secvențe) de către datele transmise;
  - Probabilitatea de recunoaștere (detectie) a acestei secvențe trebuie să fie mare în prezența erorilor de bit.
- Metode de inserare a grupei de sincronizare:
  - Alocare distribuită;
    - este corespunzătoare canalelor cu probabilitate ridicată de eroare pe bit;
      - sincronizarea este refăcută mai repede în prezența pachetelor de erori ;
    - complexitatea metodei este mai mare;
      - pentru probabilitate de eroare redusă timpul de sincronizare este mai mare.
  - Alocare concentrată;
    - este mai sensibilă la erori – în special la pachete de erori;
    - complexitatea metodei este mai redusă;
      - timpul de sincronizare este mai mic pentru probabilitate de eroare pe bit redusă.

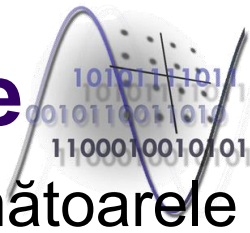
# Sincronizarea de cadru



- Alegerea unei anumite metode de inserare depinde de:
  - complexitatea tehnologică;
  - performanțele de eroare;
  - timpul de sincronizare.
- Metode de inserare a grupei de sincronizare:
  - a) inserare distribuită ; b) inserare grupată.

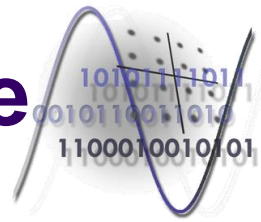


# Echipamentul de sincronizare

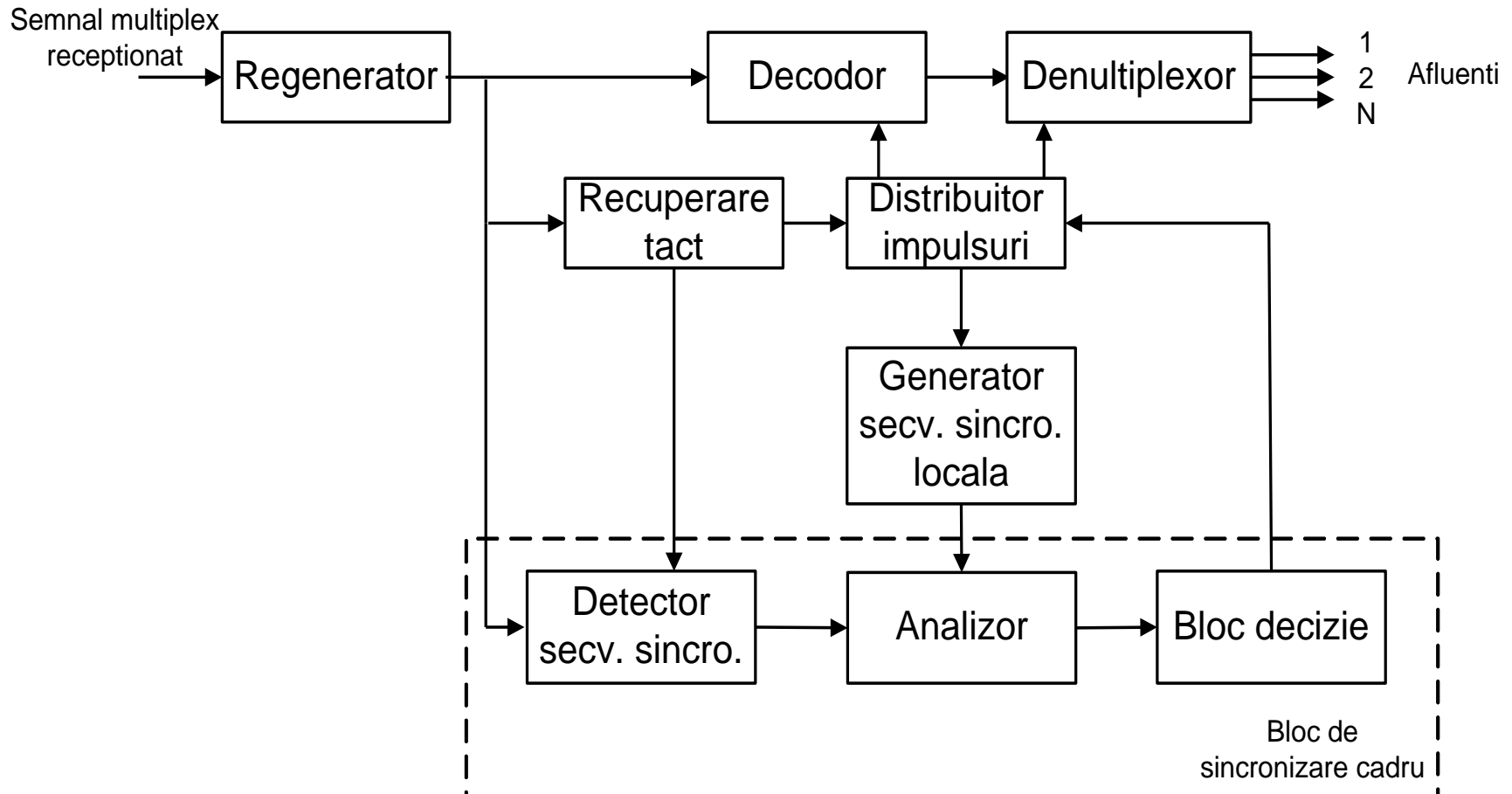


- Echipamentul de sincronizare trebuie să satisfacă următoarele cerințe:
  - timp de sincronizare la stabilirea conexiunii și după pierderea sincronizării (denumire generică de căutarea sincronizării) cât mai mic posibil;
  - informație de sincronizare minimă într-un cadru în condițiile unui timp de căutare a sincronizării acceptabil;
  - probabilitatea de detecție a semnalului de sincronizare trebuie să fie mare în cazul erorilor de bit;
    - timpul dintre două pierderi ale sincronizării trebuie să fie cât mai mare posibil;
  - echipament de sincronizare cât mai simplu posibil și cât mai fiabil.
- Echipamentul de sincronizare de la recepție are următoarele funcții:
  - stabilirea sincronizării la începutul transmisiei;
  - controlul stării de sincronism pe durata transmisiei;
  - identificarea stărilor când sincronizarea lipsește;
  - restabilirea sincronismului după pierderea acestuia.

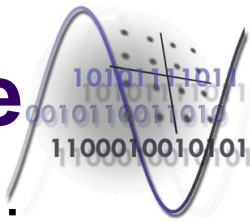
# Echipamentul de sincronizare



- Schema bloc a unui circuit de sincronizare ciclică;
  - Poziționarea echipamentului de sincronizare în cadrul receptorului;

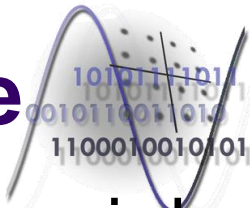


# Echipamentul de sincronizare

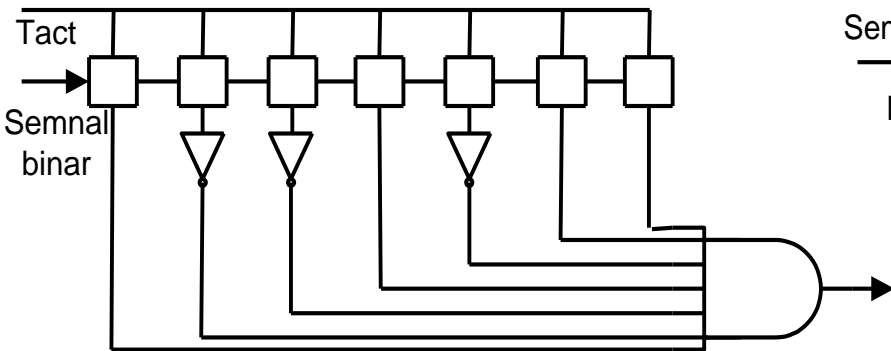


- Trei blocuri pot fi identificate având următoarele funcții:
  - **Detectorul** grupei de sincronizare:
    - evaluează semnalul digital recepționat, separând grupele de semnal (grupe de biți recepționați) având structură similară cu cea a grupei de sincronizare;
    - grupa de sincronizare este separată pe baza corelației maxime dintre semnalul recepționat și grupa de sincronizare stocată în detector;
    - posibilități de evaluarea a semnalului recepționat:
      - realizarea unei evaluări serie – procesare bit cu bit;
        - este simplu de implementat.
      - realizarea unei evaluări paralele – stocarea unui ciclu de transmisie și evaluarea ulterioară;
    - detectorul poate extrage grupe de biți care nu sunt grupa de sincronizare;
      - simulări (ale grupei de sincronizare) produse de către biții transmiși, cu un caracter probabilistic;
      - reducerea numărului de sincronizări false este asigurată de alte blocuri ale echipamentului de sincronizare.
        - trebuie stabilit un prag de detecție/decizie corespunzător.

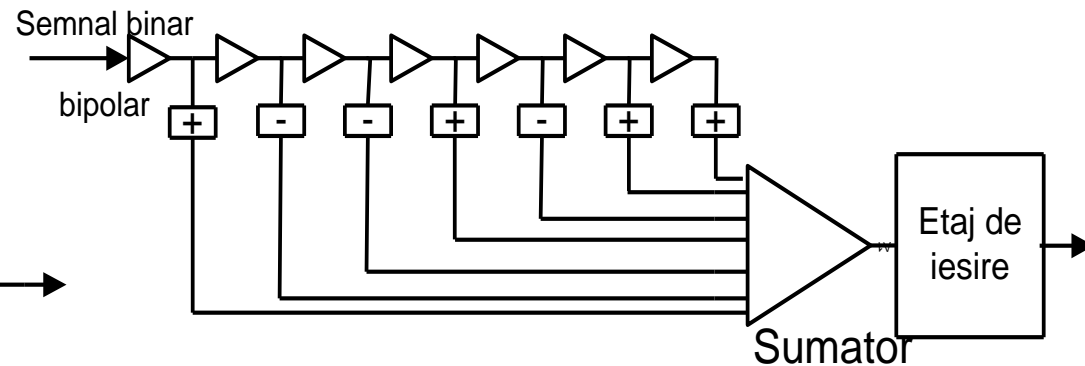
# Echipamentul de sincronizare



- Scheme posibile pentru circuitul detector al grupei de sincronizare;



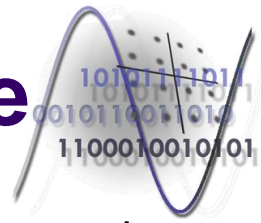
a)



b)

- a) implementare simplă;
  - nu permite detecția grupei de sincronizare în prezența erorilor de bit;
- b) implementare mai complexă;
  - permite detecția grupei de sincronizare în prezența erorilor de bit;

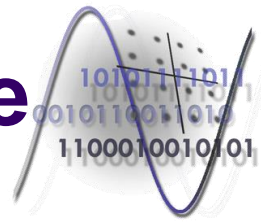
# Echipamentul de sincronizare



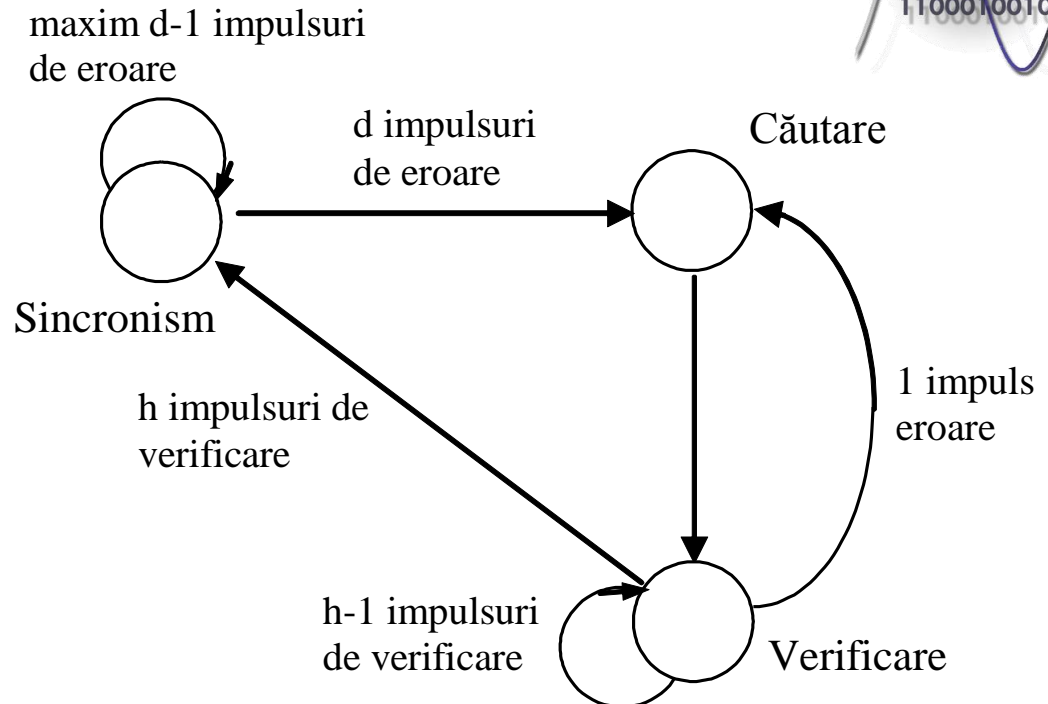
- **Analizorul;**
  - compară grupa de sincronizare extrasă din semnalul recepționat cu grupa de sincronizare generată local;
  - ia decizii legate de corespondența dintre cele două semnale în conformitate cu următoarele criterii:
    - perioada de repetiție, necesară pentru a verifica dacă grupa de sincronizare este reală sau este o simulare a semnalelor de date;
    - timpul de apariție a grupei de sincronizare; se verifică dacă grupa de sincronizare locală apare simultan cu cea extrasă;
  - semnalul de ieșire al analizorului:
    - eroare sau lipsă eroare sincronizare – reflectă cele două criterii enunțate.
- **Circuitul de decizie;**
  - ia decizii asupra stării de sincronism pe baza ieșirii analizorului și a unei *strategii de sincronizare*;
  - utilizând semnalul de comandă dat de circuitul de decizie sistemul trece prin stările de căutare sincronism, verificare sincronism și sincronism;
  - lucrează pe baza unei strategii de sincronizare care urmărește:
    - reducerea probabilității de ieșire din sincronism datorită detecțiilor false și erorilor;
    - detectarea cât mai exactă a stării de sincronizare, după ieșirea din sincronism.



# Echipamentul de sincronizare

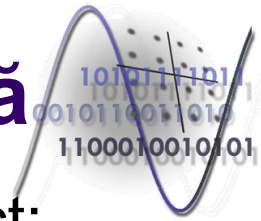


- Strategie generală de sincronizare a cadrelor;

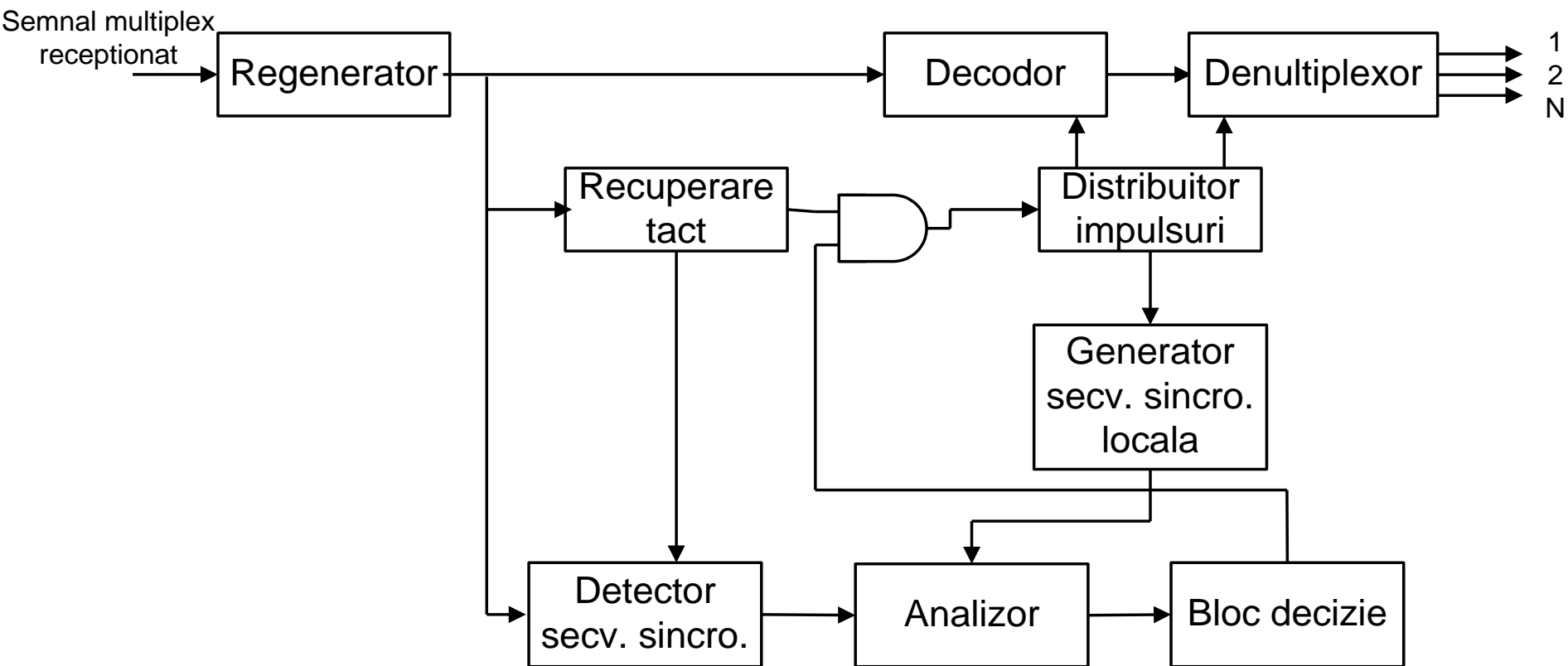


- dacă circuitul se află în stare de sincronizare trebuie să apară  $d$  detecții false consecutive ale grupei de sincronizare pentru a trece în starea de căutare a sincronismului;
- pentru reintrarea în sincronism sunt necesare  $h$  detecții corecte consecutive ale grupei de sincronizare;
- orice detecție falsă a grupei de sincronizare determină trecerea din starea de verificare în starea de căutare a sincronismului.

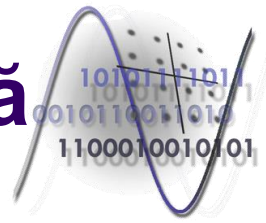
# Metode de sincronizare ciclică



- Sincronizare ciclică prin întârzierea impulsurilor de tact;
  - Schema bloc a echipamentului de sincronizare ciclică bazat pe metoda întârzierii impulsurilor;



# Metode de sincronizare ciclică

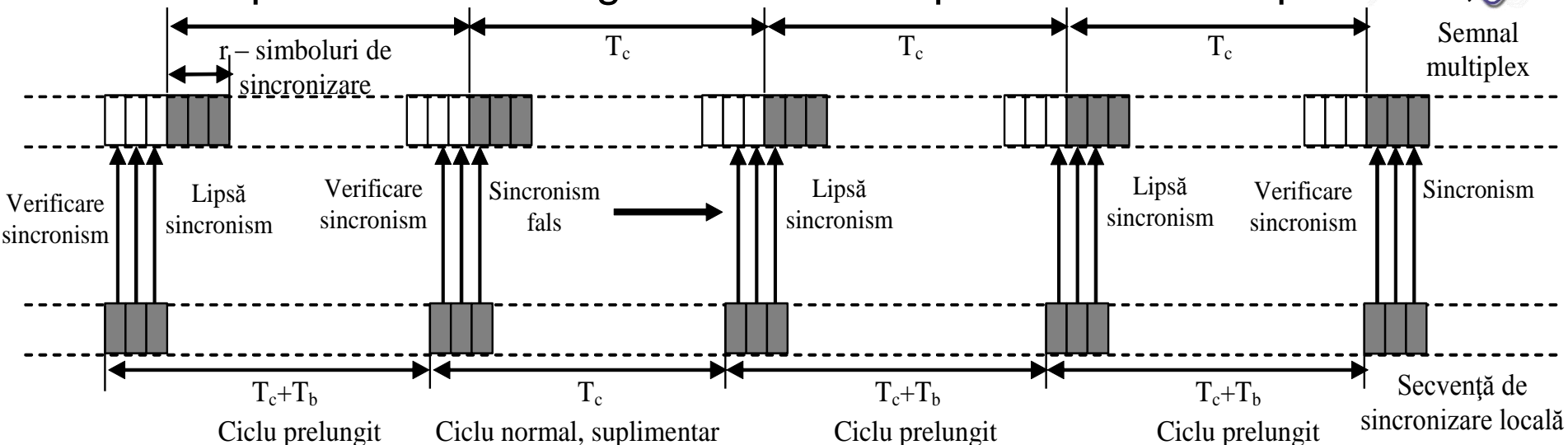


- Funcționarea:
  - În starea de sincronism:
    - semnalul obținut la ieșirea detectorului grup de sincronizare apare în același moment și cu aceeași periodicitate ca și grupa de sincronizare locală;
    - circuitul de decizie permite trecerea impulsurilor de tact către distribuitorul de impulsuri.
  - În starea de căutare a sincronismului:
    - semnalul de intrare al analizorului nu satisface condiția de periodicitate și de moment de apariție;
    - un semnal de interdicție este generat de către circuitul de decizie (în momentul de apariție al grupei de sincronizare), care blochează circuitul poartă (și accesul tactului la impulsurile distribuitorului de impulsuri) o perioadă de tact;
      - ciclul distribuitorului local de impulsuri este blocat o perioadă de bit;
      - procesul de căutare ține până când sincronismul este decis de către analizor.
  - probabilitate de sincronizare falsă foarte redusă, dar timp de sincronizare mare.

# Metode de sincronizare ciclică



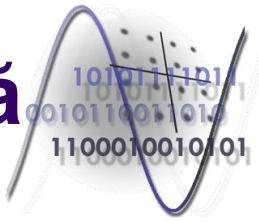
- Principiul de lucru al algoritmului bazat pe întârzierea impulsurilor;



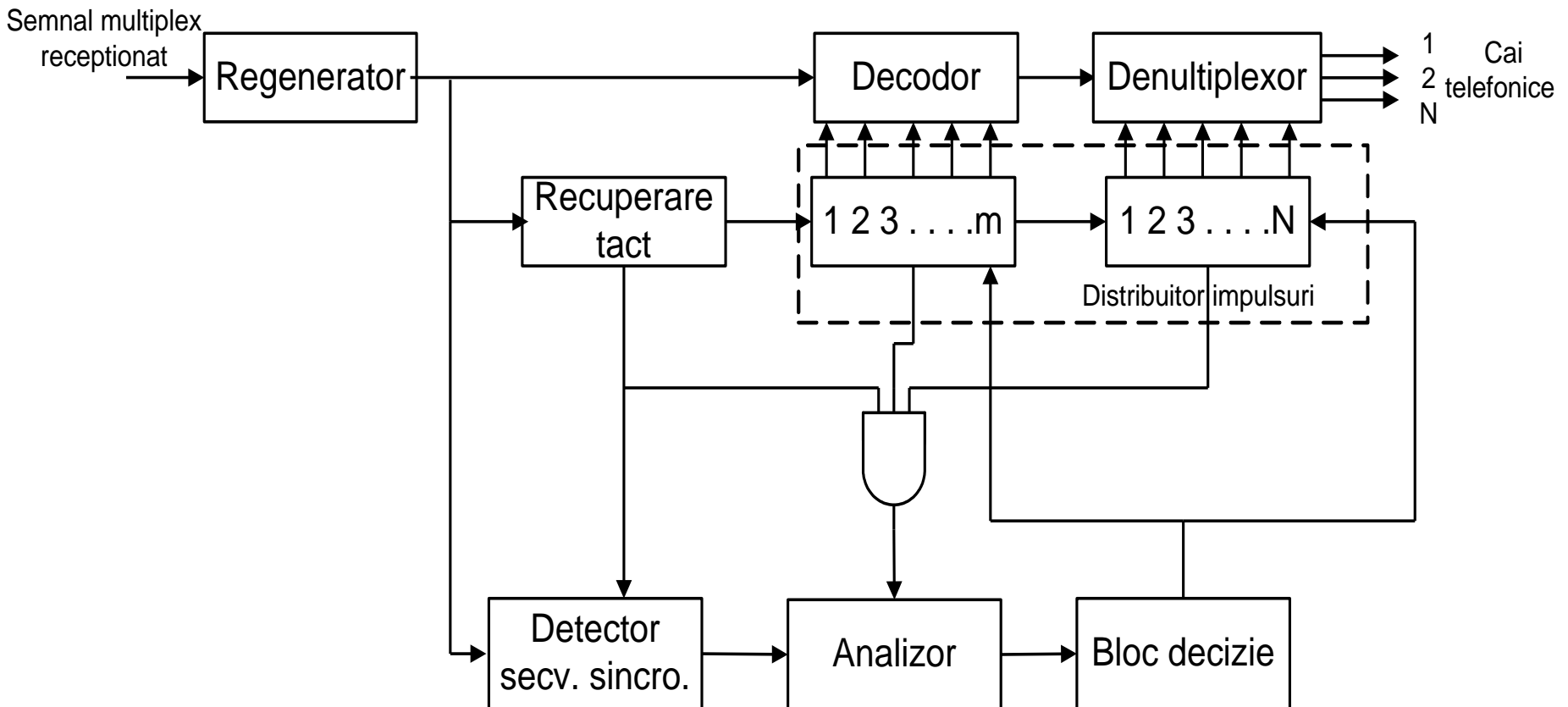
- Există două tipuri de cicluri:

- Cicluri extinse specifice funcționării normale în starea de căutare a sincronizării;
  - cicluri cu durata  $T_c + T_b$  ;
  - cu ajutorul acestor cicluri se reduce diferența de timp dintre grupa de sincronizare locală și cea recepționată cu o perioadă de tact, în fiecare moment în care grupa de sincronizare locală este aplicată analizorului;
- Cicluri suplimentare datorate apariției false a grupei de sincronizare în semnalul recepționat, grupe detectate de către blocul detector;
  - acești cicluri încetinesc procesul de sincronizare;

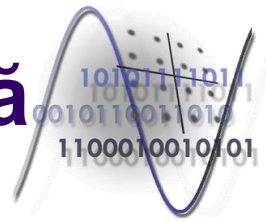
# Metode de sincronizare ciclică



- Sincronizare ciclică prin alunecare;
- Schema bloc a echipamentului de sincronizare ciclică bazat pe metoda alunecării;

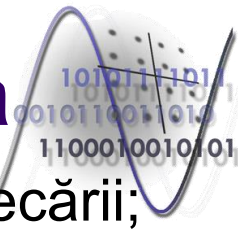


# Metode de sincronizare ciclică

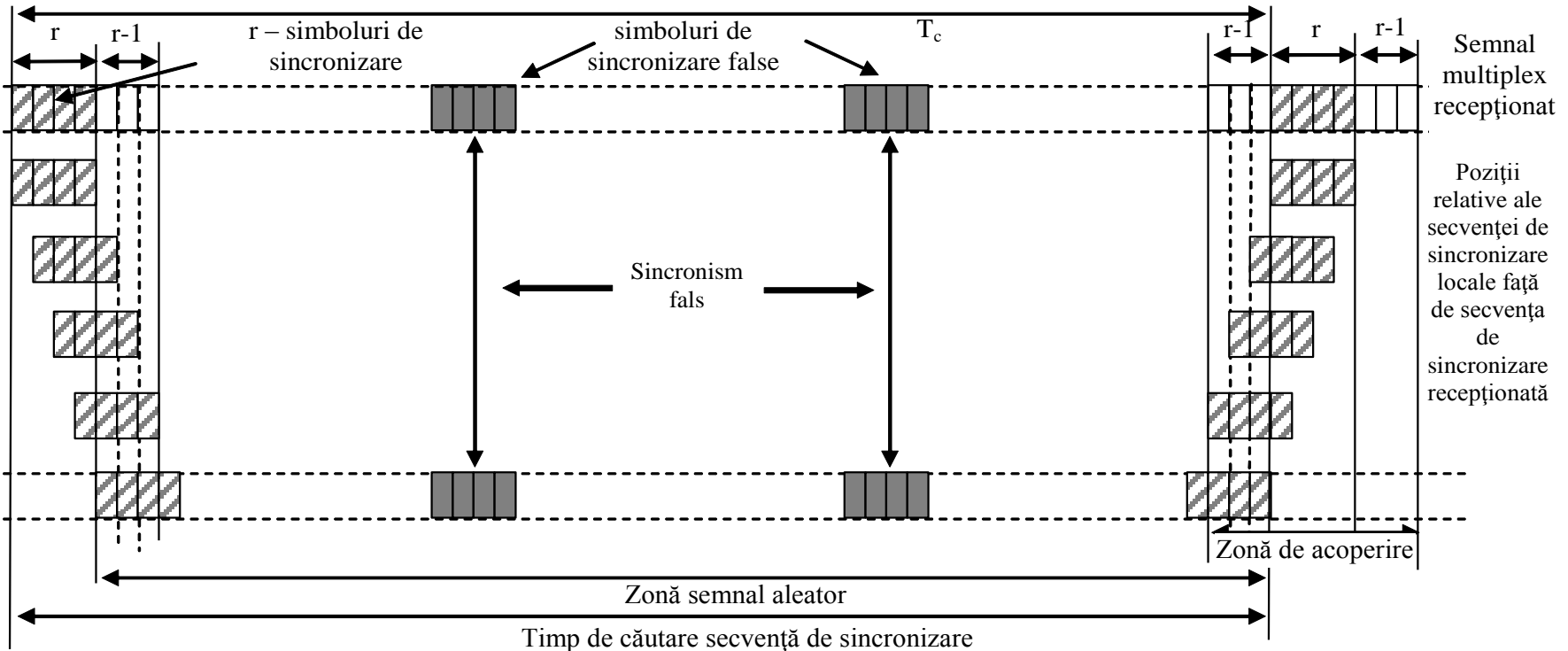


- Caracteristici principale:
  - asigură o creștere substanțială a vitezei sincronizării;
  - nu este necesară generarea unei grupe de sincronizare locale;
    - momentul de detecția al grupe de sincronizare este comparat cu starea distribuitorului de impulsuri al decodorului și demultiplexorului;
    - probabilitatea sincronizării false este mai ridicată comparativ cu metoda bazată pe întârzierea impulsurilor.
- Funcționare:
  - în stare de sincronism:
    - impulsurile de la poarta ȘI, obținute prin coincidența dintre impulsul de tact, impulsul **m** de la distribuitorul de impulsuri al decodorului și impulsul **N** de la distribuitorul de impulsuri al demultiplexorului sunt în fază cu impulsurile generate de detectorul grupe de sincronizare;
  - pierderea sincronizării:
    - înseamnă absența coincidenței dintre impulsurile de la ieșirea circuitului ȘI și de la ieșirea detectorului grupe de sincronizare;
  - căutare a sincronism
    - este generată o comandă de reset a distribuitoarelor de impulsuri la fiecare detecție a grupe de sincronizare → distribuitoarele de impulsuri sunt forțate în stare de sincronism.

# Metode de sincronizare ciclică



- Principiul de lucru al algoritmului bazată pe metoda alunecării;



- În starea de sincronism detecții false ale grupei de sincronizare pot apare datorită erorilor de bit din semnalul recepționat;
  - În jurul grupei de sincronizare (de lungime  $r$  simboluri), pe o distanță de  $r-1$  simboluri se verifică atât semnalul de informație cât și grupa de sincronizare - zonă de acoperire;
  - aceasta este regiunea cea mai expusă detecțiilor false ale grupei de sincronizare.