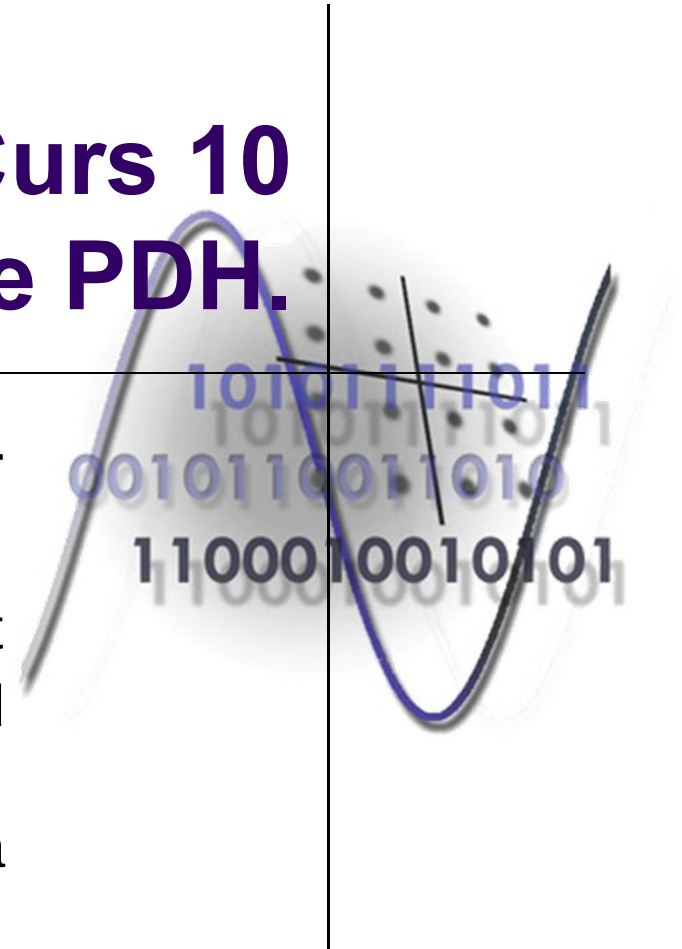


Curs 10

Ierarhia de multiplexare PDH.

Zsolt Polgar

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



Conținutul cursului

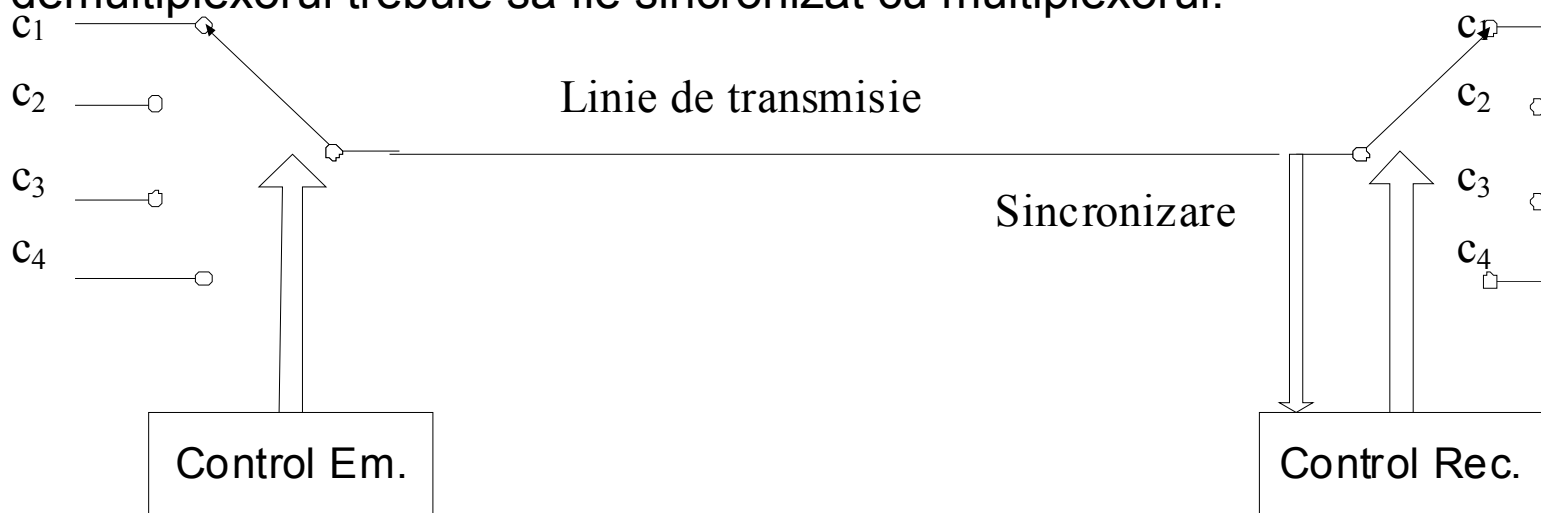


- Multiplexarea semnalelor digitale;
 - Multiplexarea bit cu bit și pe grupuri de biți;
 - Clasificarea semnalelor digitale.
- Multiplexarea semnalelor plesiocrone;
 - Egalizarea de debit prin dopare;
 - Principiul dopării pozitive;
 - Inserarea semnalizării dopării.
- Ierarhia de multiplexare PDH;
 - Sisteme de transmisie PDH;
 - Formate de care 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



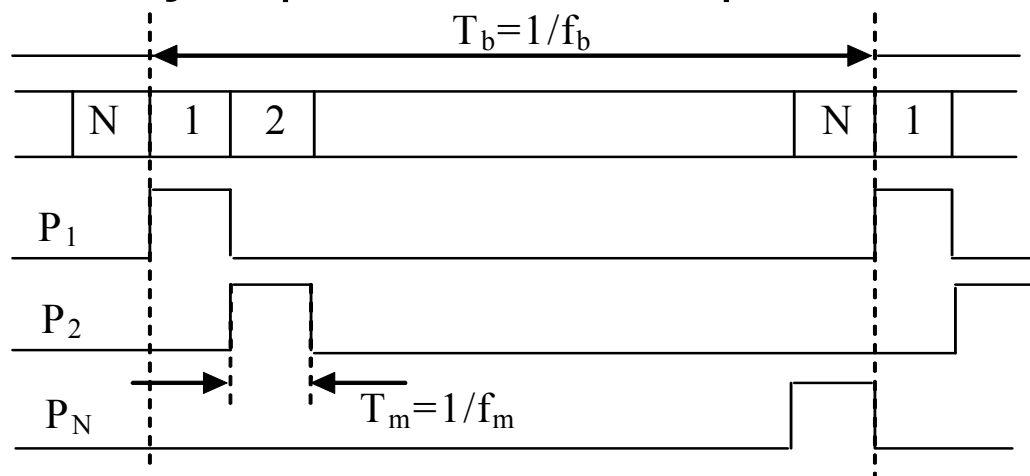
- Multiplexarea semnalelor digitale;
 - intercalarea a N surse având rata f_b într-un flux cu rata f_m , mai mare sau egal cu $N \cdot f_b$;
 - la recepție demultiplexarea implică refacerea exactă a celor N surse;
 - se utilizează circuite auxiliare localizate la partea de recepție și de emisie (ctrl. emisie/. și ctrl. recepție);
 - demultiplexorul trebuie să fie sincronizat cu multiplexorul.



Multiplexarea semnalelor digitale



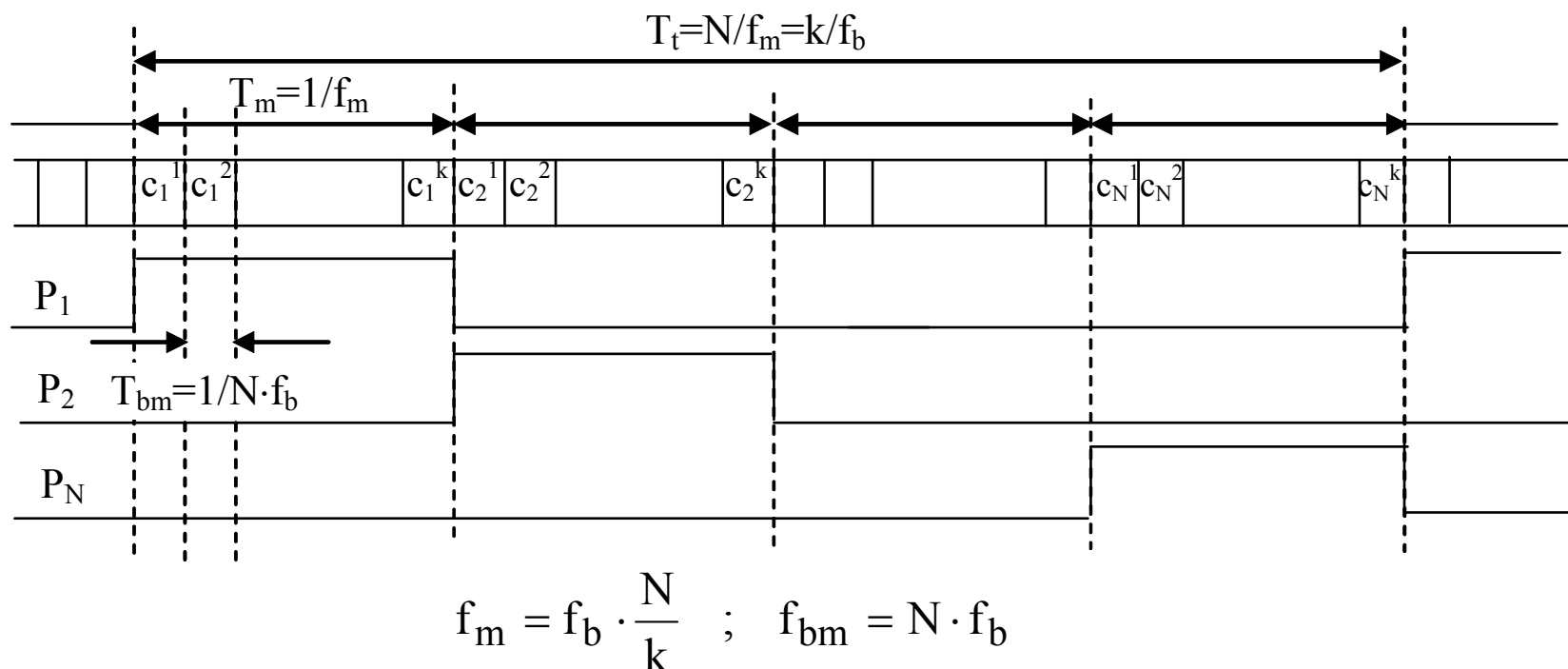
- Multiplexarea datelor se poate realiza:
 - Bit cu bit;
 - Pe grupuri de biți;
 - este de interes cazul în care grupul de biți reprezintă un octet;
 - în acest caz avem de a face cu o multiplexare a canalelor telefonice, un eșantion fiind reprezentat pe opt biți în telefonie digitală.
- Multiplexarea bit cu bit;
 - Fluxul multiplexat și impulsurile de multiplexare;



Multiplexarea semnalelor digitale



- Multiplexarea pe grupuri de biți;
 - Fluxul multiplexat și impulsurile de multiplexare;
 - se multiplexează N grupuri a câte k biți;



- f_m este frecvența de multiplexare;
- f_{bm} este frecvența de bit a fluxului de date obținut în urma multiplexării.

Multiplexarea semnalelor digitale



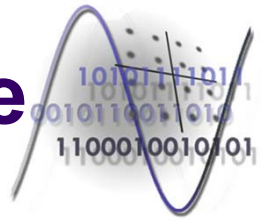
- Clasificarea semnalelor numerice din punctul de vedere al generării lor și a relației dintre semnalele lor de tact:
 - Semnale izocrone:
 - intervalul de timp dintre două momente semnificative este egal cu un interval de timp unitate sau cu multiplii acestuia.
 - Semnale anizocrone;
 - intervalul de 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

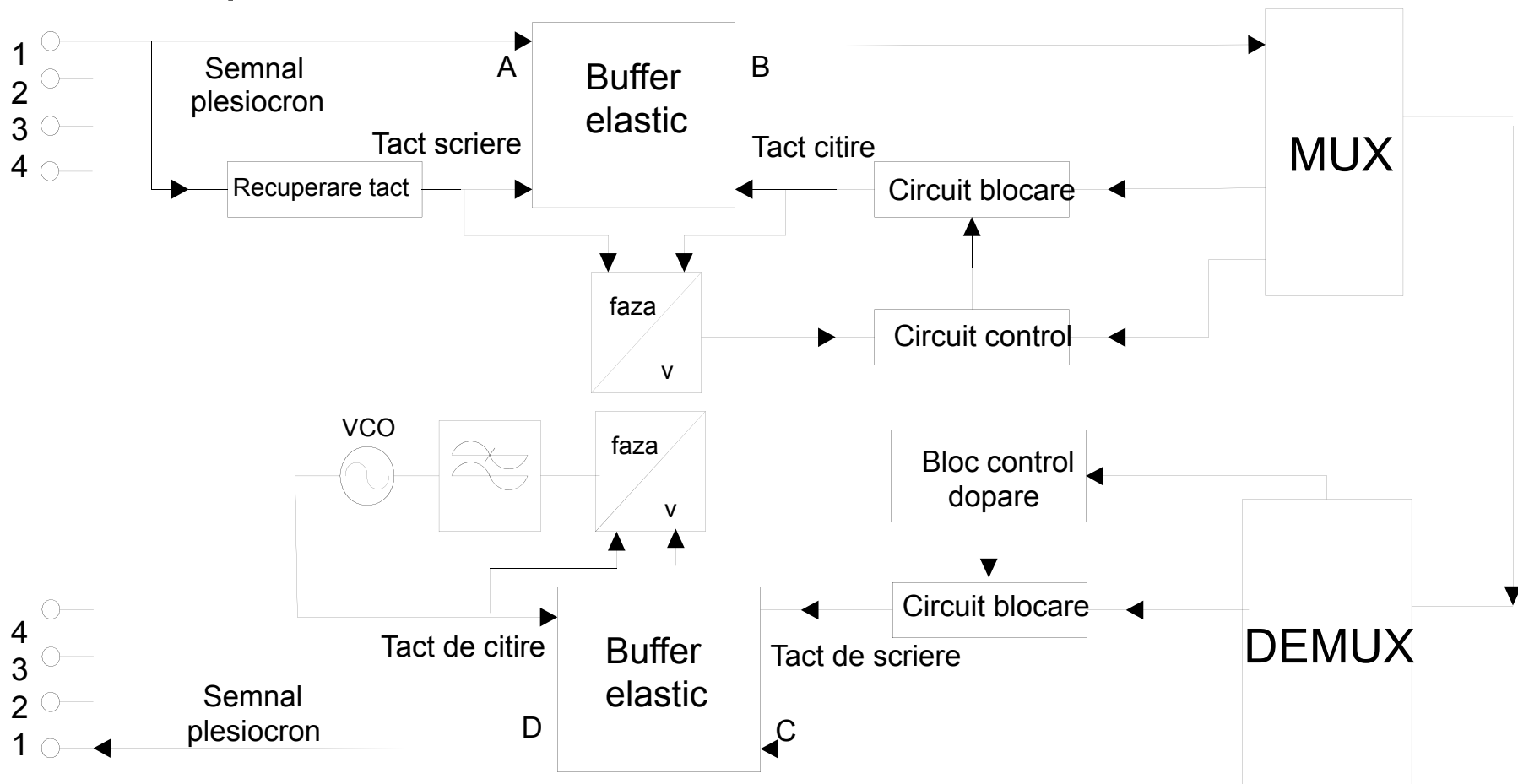


- Semnale heterocrone;
 - semnale izocrone cu rată diferită și relație de fază variabilă;
 - semnale plesiocrone – semnale cu aceeași rată nominală, toate abaterile de la această valoare nominală fiind menținute în limite specifice:
 - de ex. semnale cu rată nominală identică generate de surse diferite.
- 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

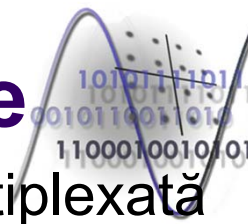


Multiplexarea semnalelor plesiocrone

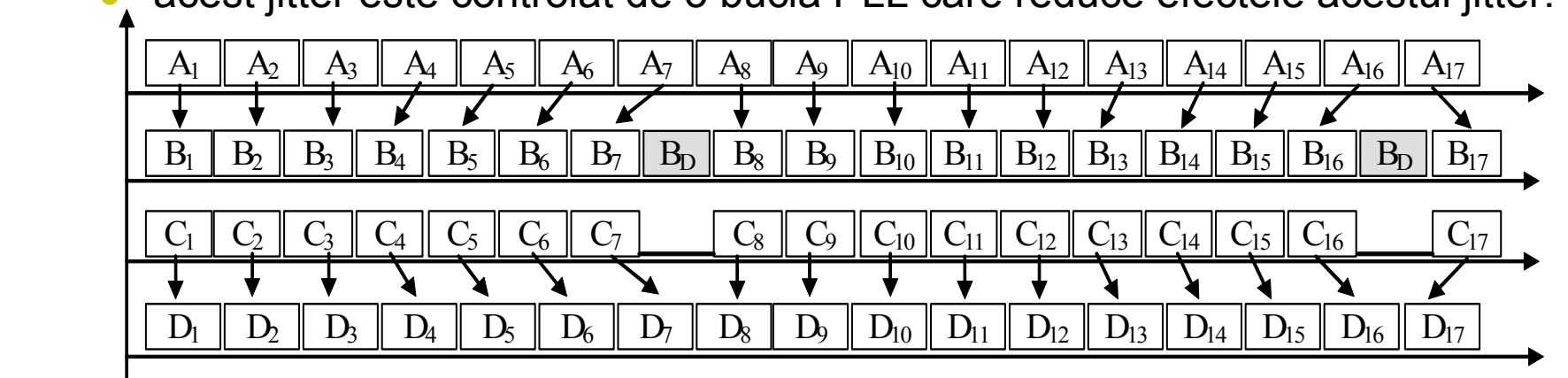


- Principiul adaptării debitului dintre afluent și multiplexor prin metoda dopării pozitive;
 - Semnalul binar asincron este scris într-o memorie elastică utilizând un tact specific, f_i ;
 - Citirea memoriei și transmisia semnalului pe canal se realizează utilizând un tact mai mare $f_o > f_i$;
 - apare o tendință de golire a memoriei elastice;
 - se detectează prin utilizarea unui comparator de fază $f_o - f_i$;
 - La depășirea unei valori ale 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.



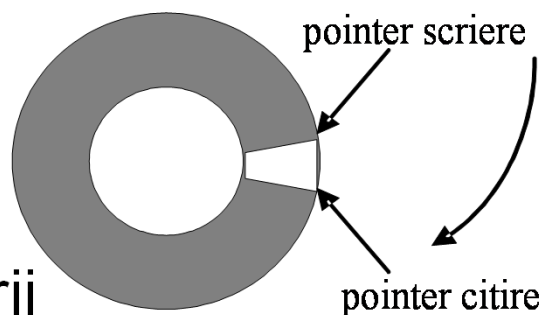
Multiplexarea semnalelor plesiocrone



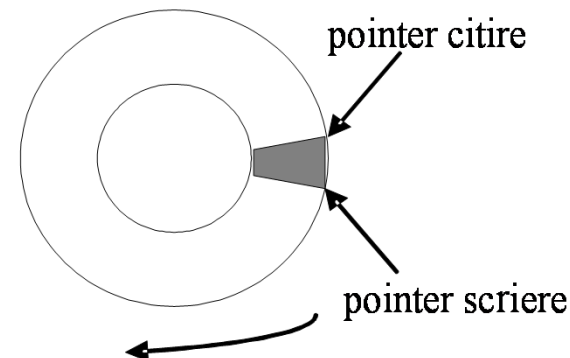
- Utilizarea memoriei elastice pentru adaptare de debit:

memorie liberă

memorie cu biți
de informație



$$f_{\text{scriere}} > f_{\text{citire}}$$



$$f_{\text{scriere}} < f_{\text{citire}}$$

- Inserării semnalizării
dopării:

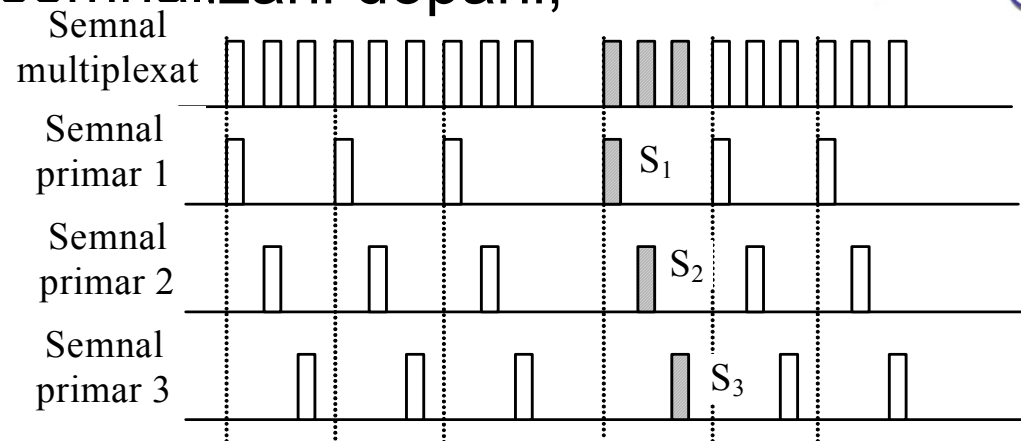
- inserare individuală;
 - inserarea informației de semnalizare se realizează înaintea multiplexării;
 - metodă complexă la emisie, dar relativ simplă la recepție.
- inserare comună;
 - inserarea informației de semnalizare de la fiecare afluent se face într-un canal comun care este apoi multiplexat cu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

Multiplexarea semnalelor plesiocrone

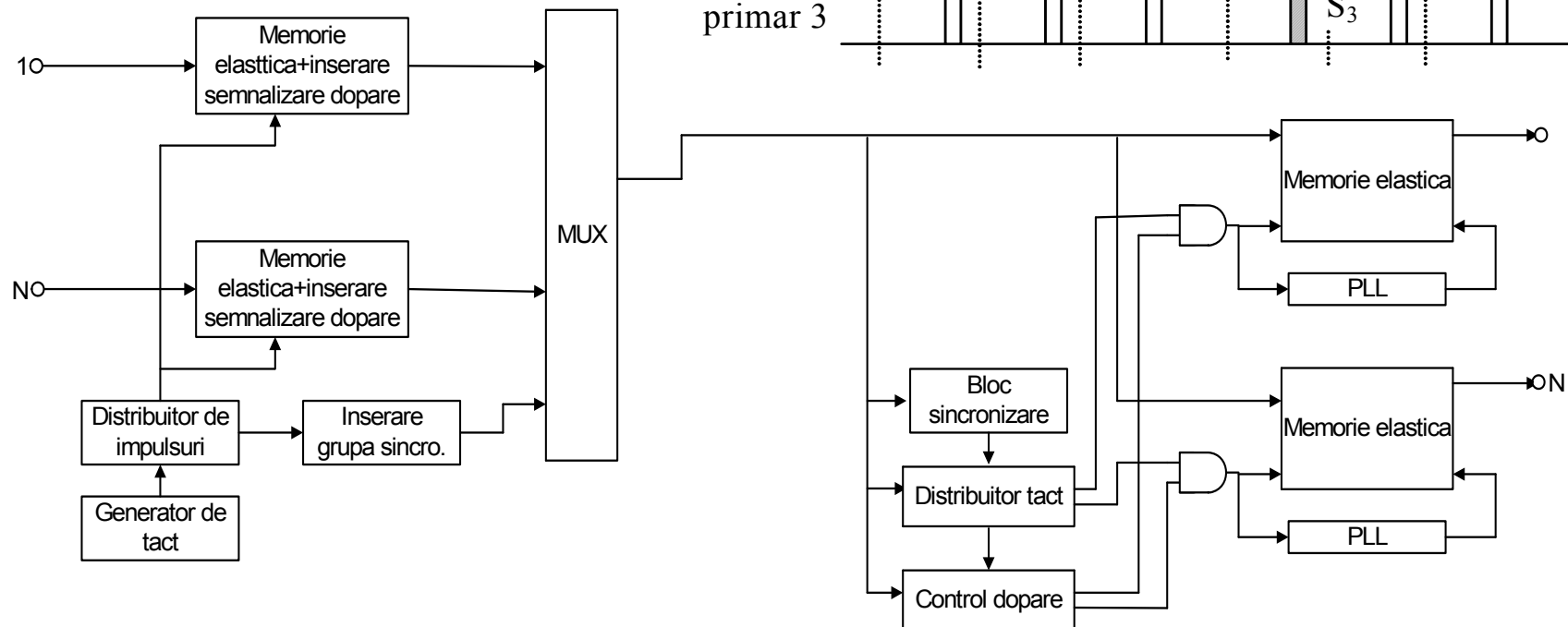


- Inserarea individuală a semnalizării dopării;

- Diagramă semnale:

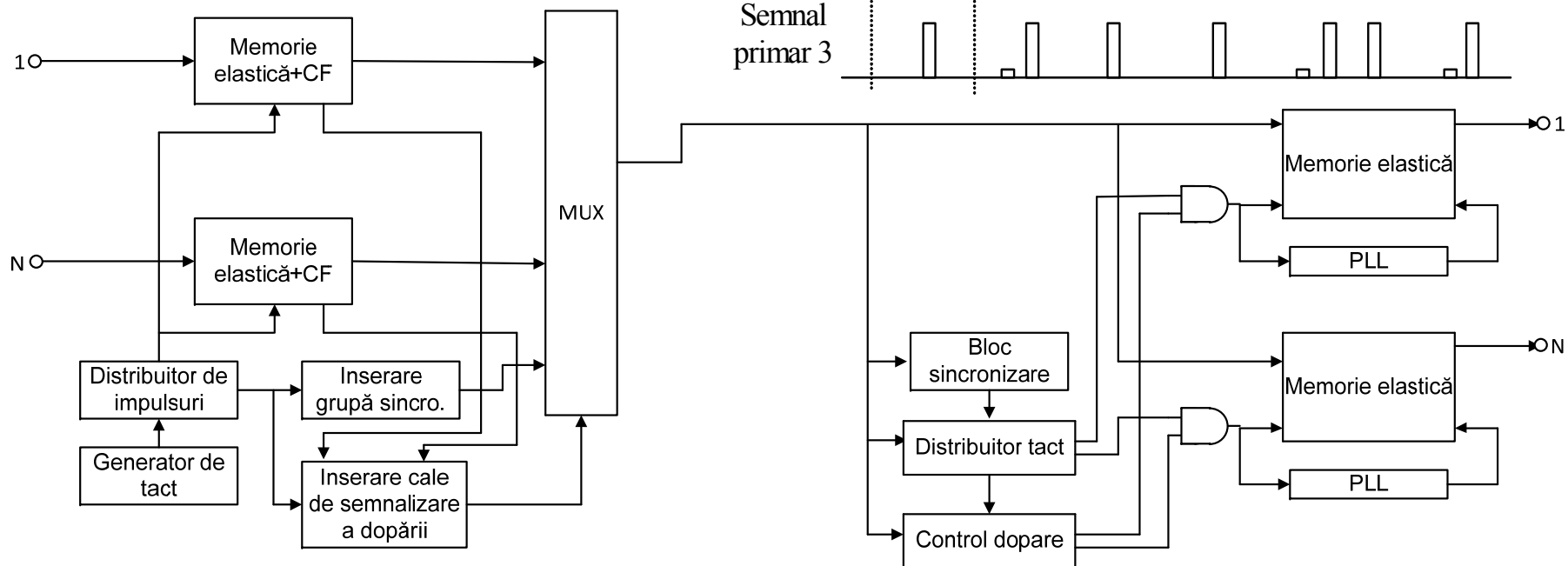
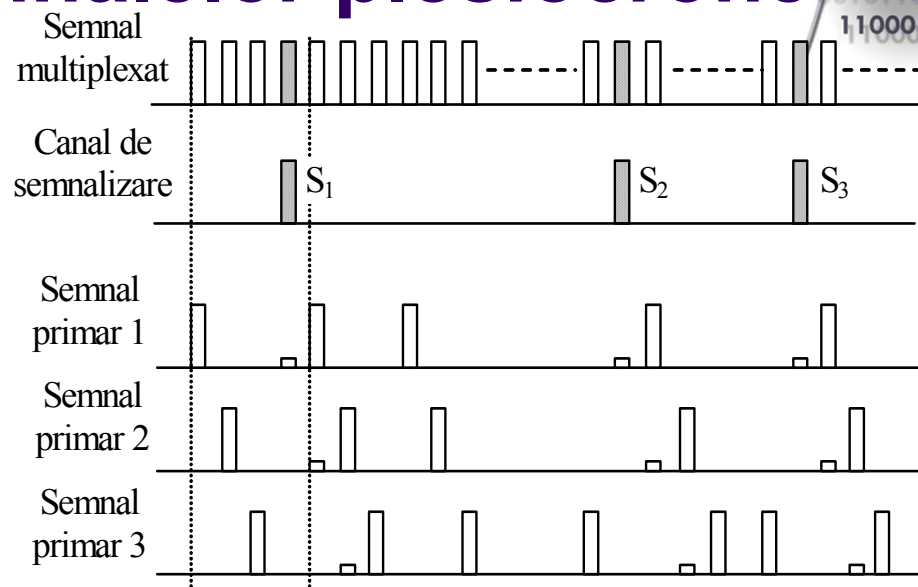


- Schemă bloc MUX și DEMUX:



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;
 - η este eficiența cadrului.

$$n_0 = N_0 - N_s ; \eta = \frac{n_0}{N_0}$$

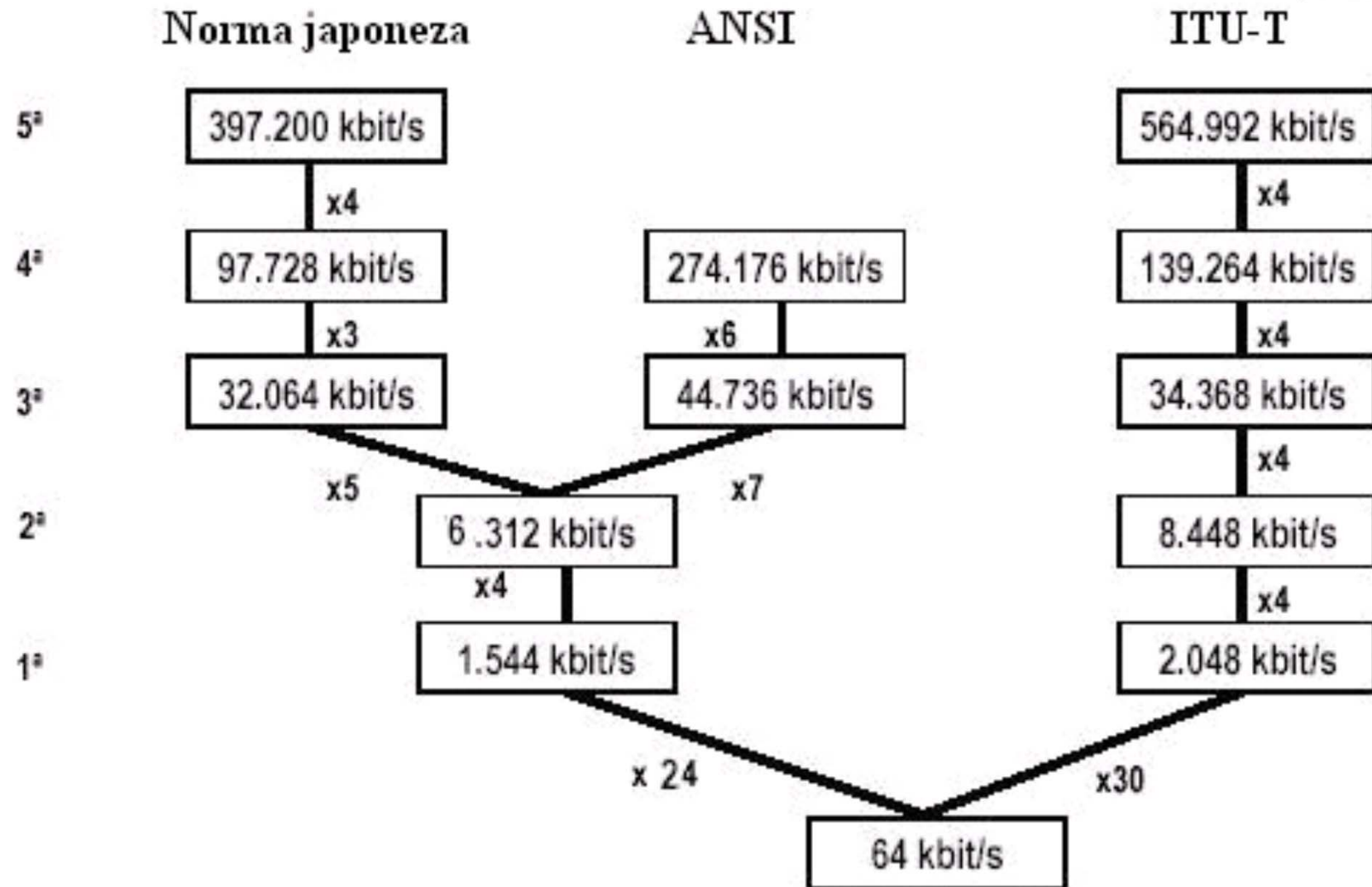
Multiplexarea semnalelor plesiocrone

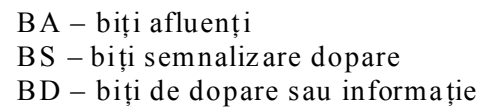
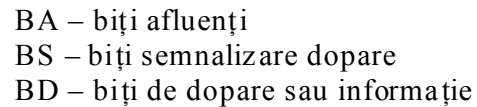


- f_{sn} este valoarea nominală a tactului generat local;
- f_{pn} este valoarea nominală a ratei de transfer a afluentului;
 - valoarea nominală a frecvenței de scriere.
- f_{sn}' este valoarea nominală a frecvenței de citire din memoria elastică;
- f_d este frecvența medie de dopare;
- f_{dmax} este 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

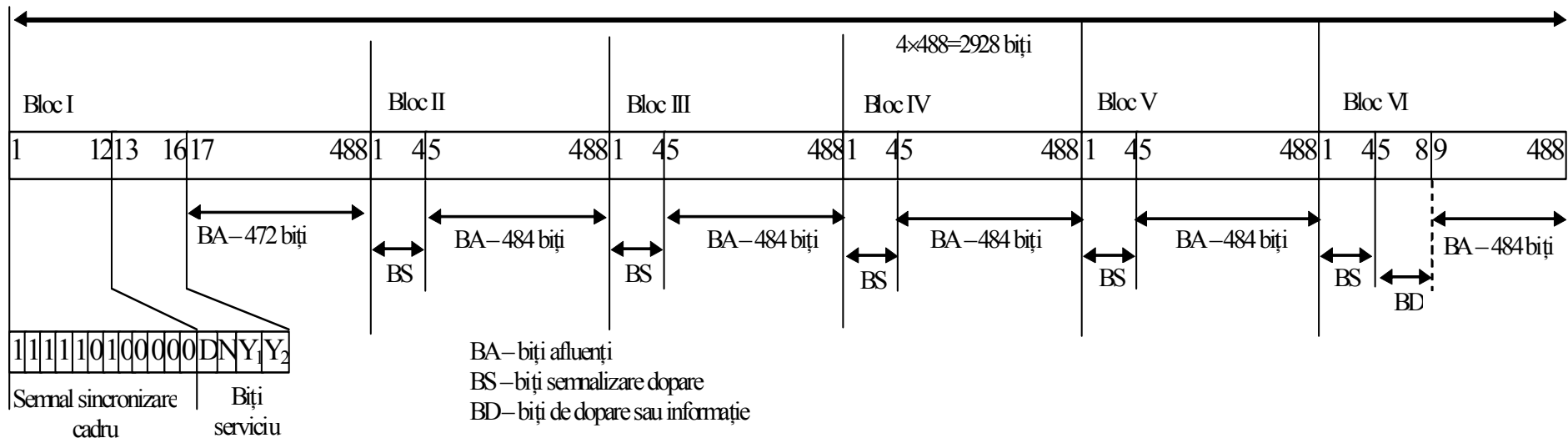




Ierarhia de multiplexare PDH



- Structura cadrului PDH cuaternar;

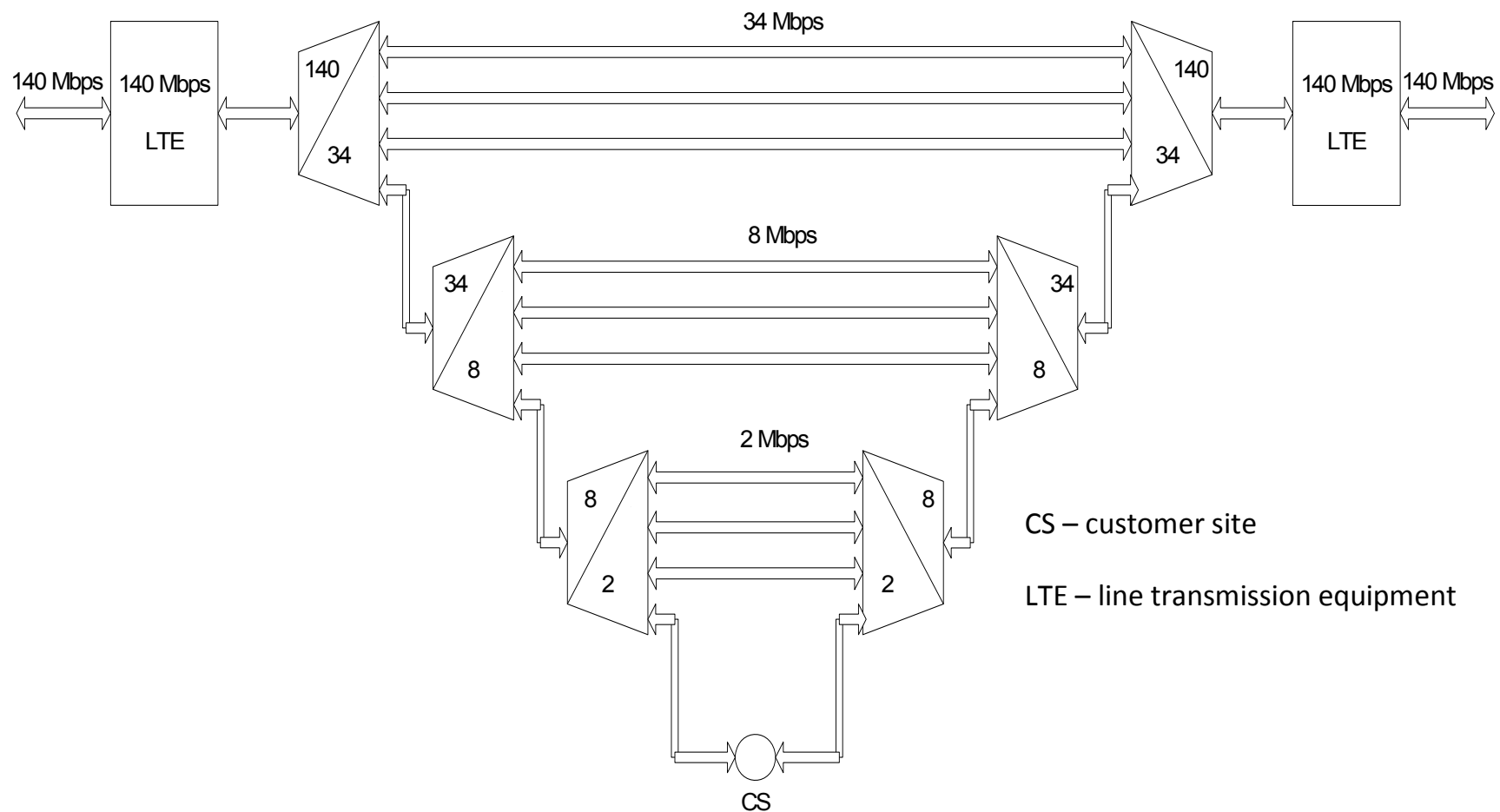


- Dezavantajele sistemelor PDH:

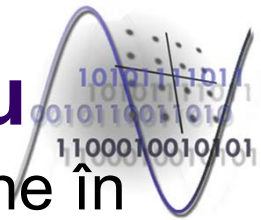
- posibilități de management limitate;
- flexibilitate redusă;
 - proiectat doar pentru transport de voce;
 - este relativ dificil de utilizat pentru alte servicii (de ex. date pachet de viteză mare);
- inserarea și extragerea fluxurilor de date de bază necesită demultiplexarea – remultiplexarea întregului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

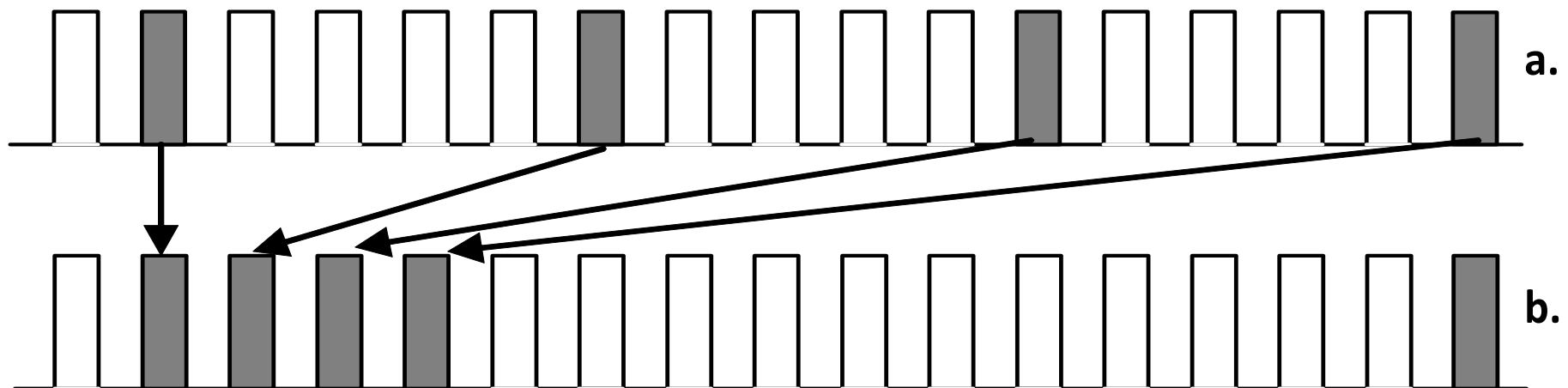


- Condiții impuse secvenței (grupe) de sincronizare:
 - Să se reducă cât mai mult posibil simulările (acestei secvențe) de către datele transmise;
 - Probabilitatea de recunoaștere (detectie) a acestei secvențe trebuie să fie mare în prezența erorilor de bit.
- Metode de inserare a grupei de sincronizare:
 - 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

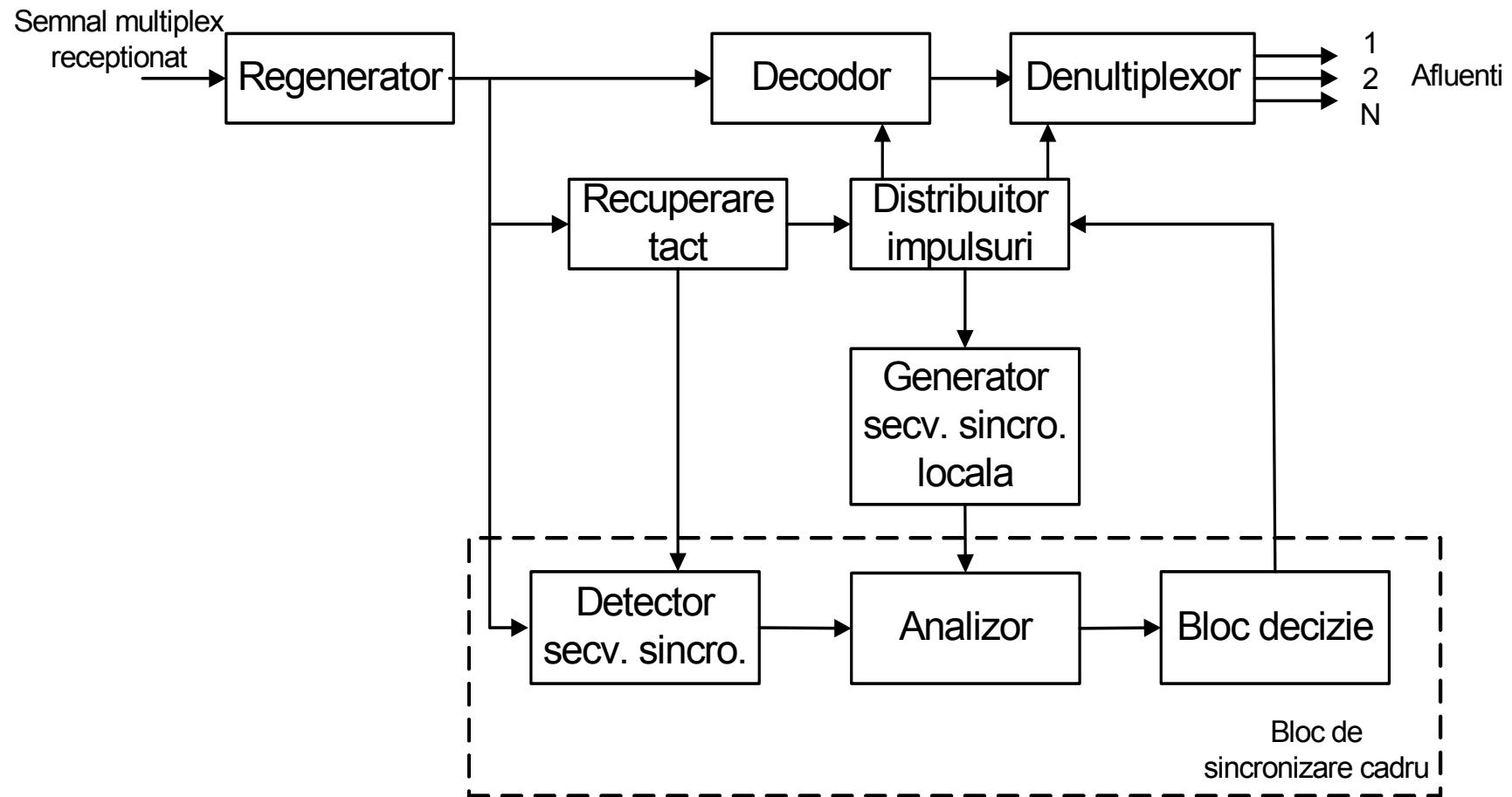


- Echipamentul de sincronizare trebuie să satisfacă următoarele cerințe:
 - timp de sincronizare la stabilirea conexiunii și după pierderea sincronizării (denumire generică de căutarea sincronizării) cât mai mic posibil;
 - informație de sincronizare minimă într-un cadru în condițiile unui timp de căutare 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;

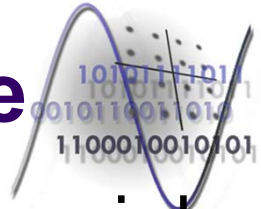


Echipamentul de sincronizare

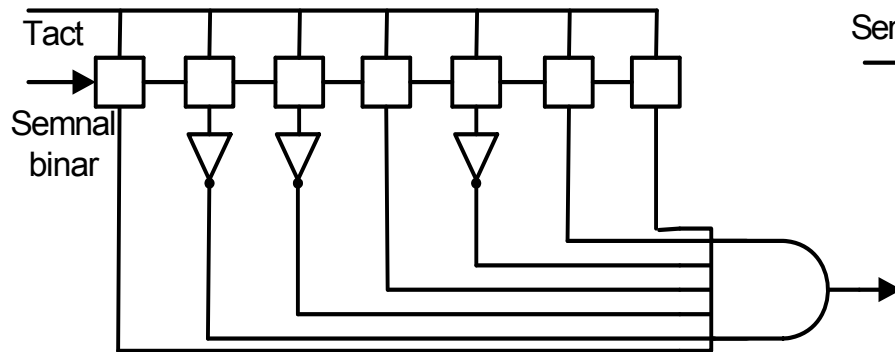


- Trei blocuri pot fi identificate având următoarele funcții:
 - **Detectorul** grupei de sincronizare:
 - evaluează semnalul digital recepționat, separând grupele de semnal (grupe de biți recepționați) având structură similară cu cea a grupei de sincronizare;
 - grupa de sincronizare este separată pe 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.

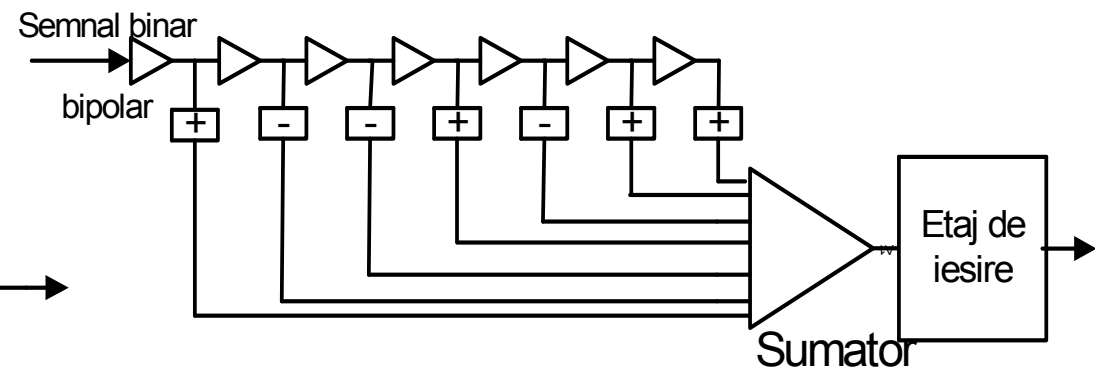
Echipamentul de sincronizare



- Scheme posibile pentru circuitul detector al grupei de sincronizare;



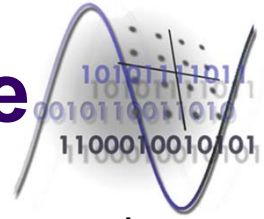
a)



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.

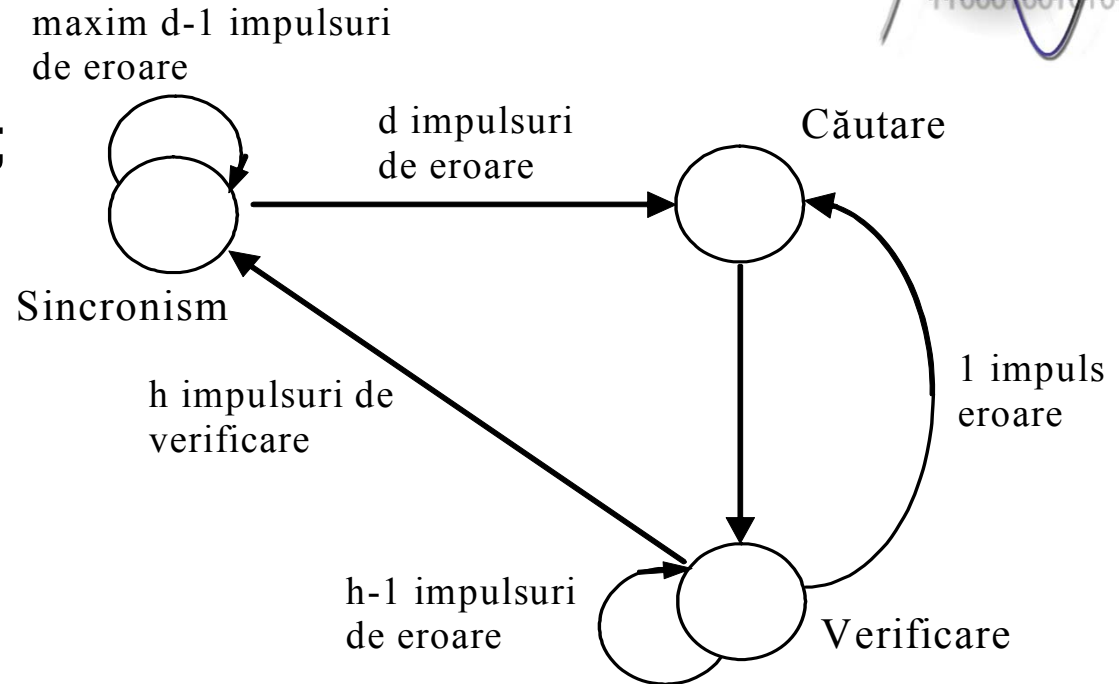
- **Circuitul de decizie;**

- 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

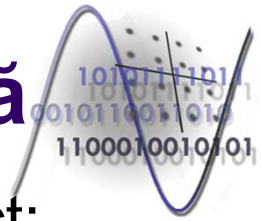


- Strategie generală de sincronizare a cadrelor;

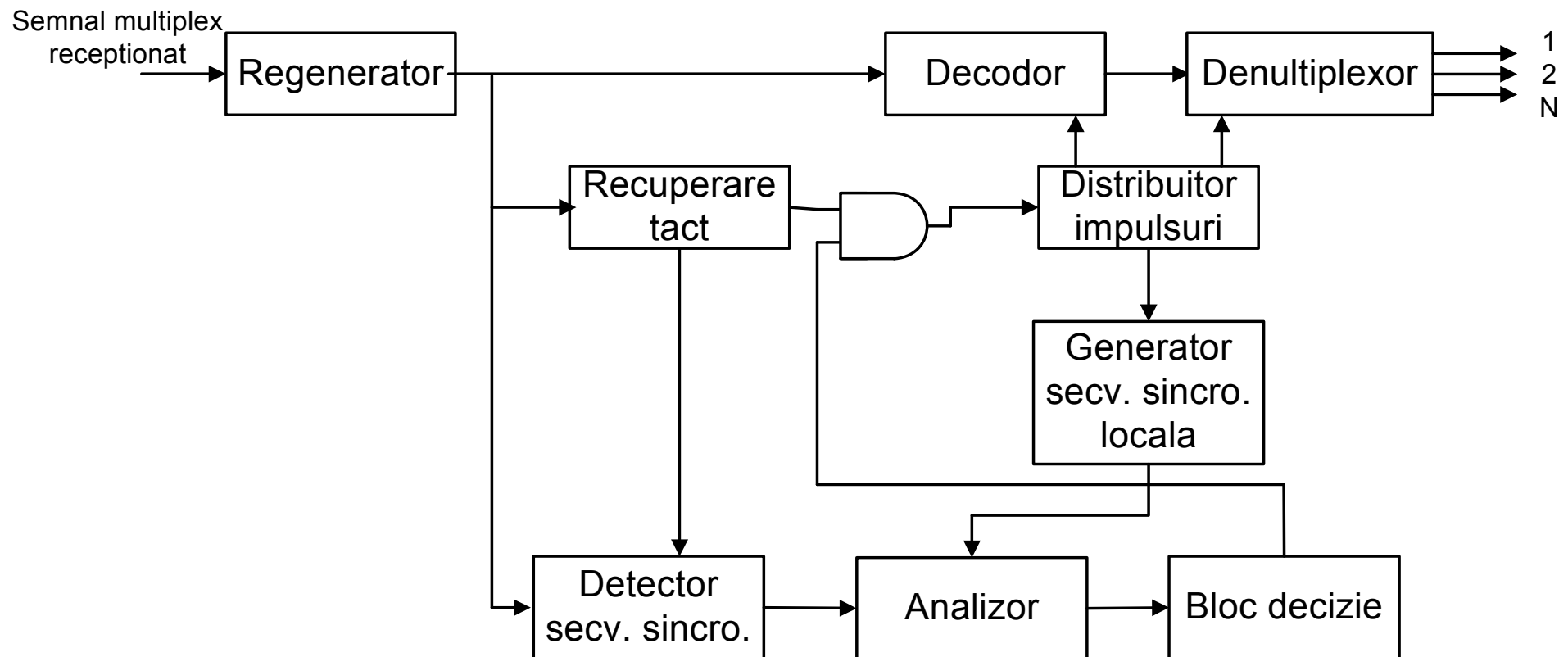


- dacă circuitul se află în stare de sincronizare trebuie să apară d detecții false consecutive ale grupei de sincronizare pentru a trece în starea de căutare a sincronismului;
- pentru reintrarea în sincronism sunt necesare h detecții corecte consecutive ale grupei de sincronizare;
- orice detecție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



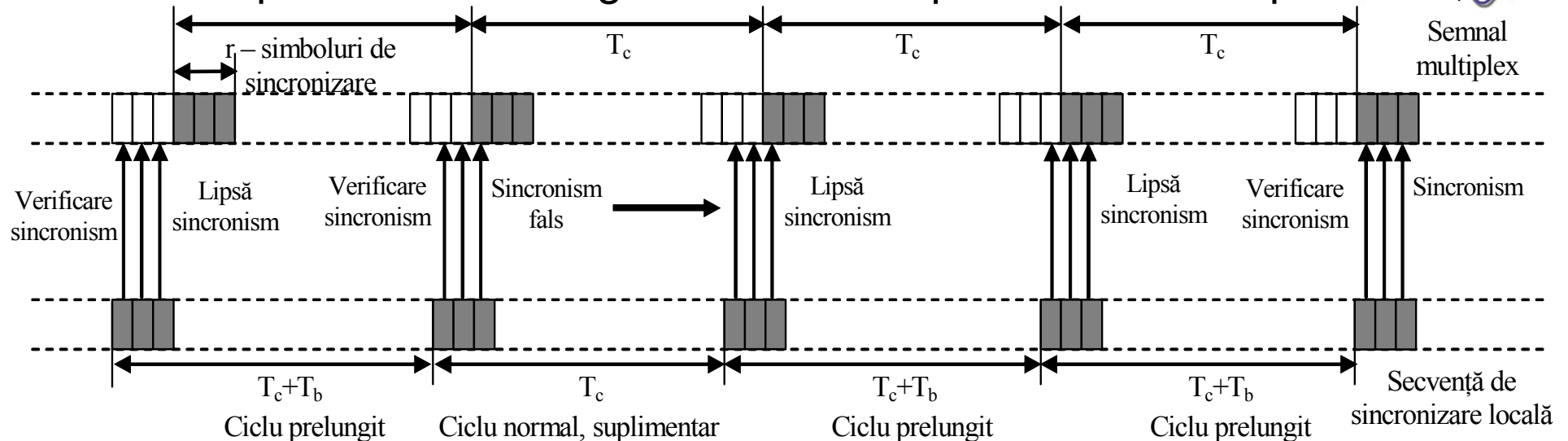
Metode de sincronizare ciclică



- 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;



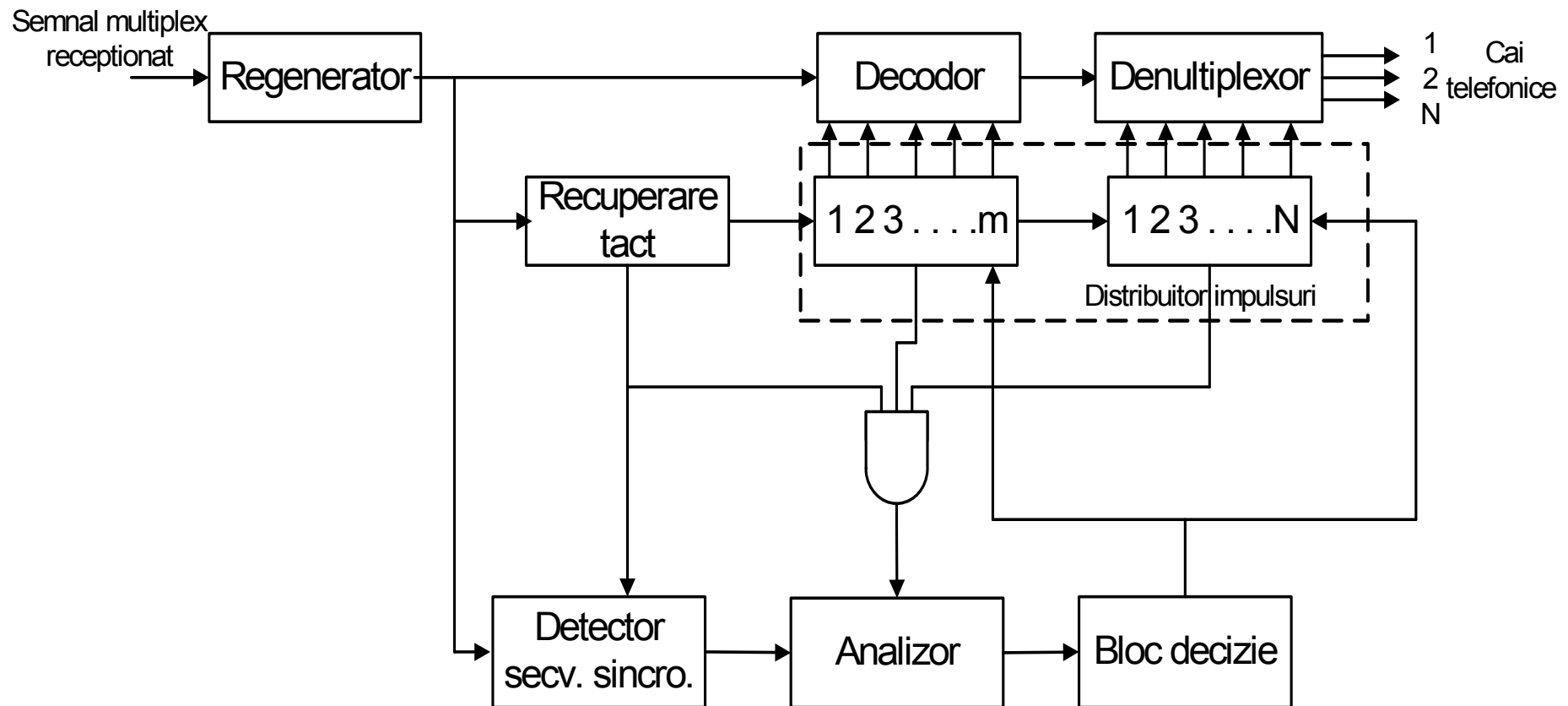
- Există două tipuri de cicluri:

- 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;
 - acest 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

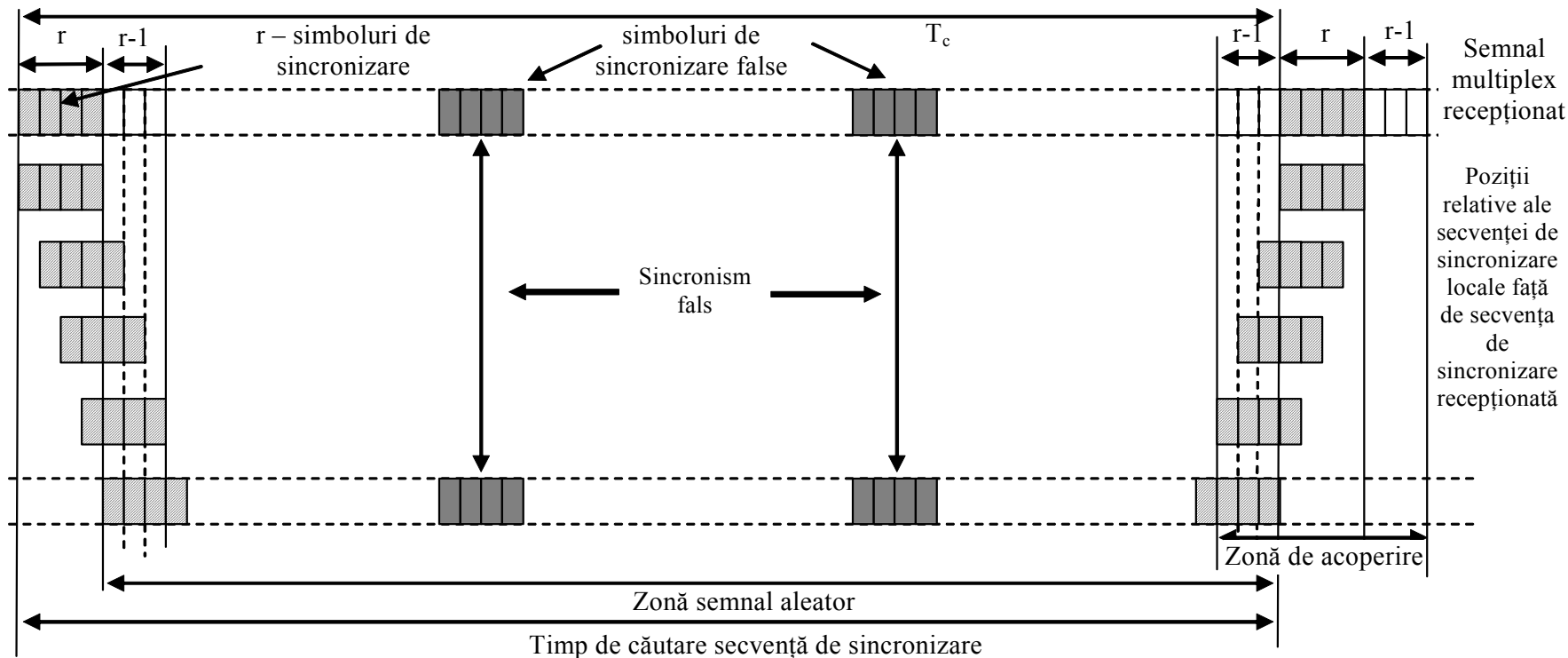


- Caracteristici principale:
 - asigură o creștere substanțială a vitezei sincronizării;
 - nu este necesară generarea unei grupe de sincronizare locale;
 - momentul de detecția al grupei de sincronizare este comparat cu starea distribuitorului de impulsuri al decodurului și demultiplexorului;
 - probabilitatea 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 decodurului și impulsul **N** de la distribuitorul de impulsuri al demultiplexorului sunt în fază cu impulsurile generate de detectorul grupei de sincronizare;
 - pierderea sincronizării:
 - înseamnă absența coincidenței dintre impulsurile de la ieșirea circuitului ȘI și de la ieșirea detectorului grupei de sincronizare;
 - căutare a sincronism
 - este generată o comandă de reset a distribuitoarelor de impulsuri la fiecare detecție a grupei 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.