

RECONFIGURAREA LA CALCULATORILE CU STRUCTURĂ ÎN FORMĂ DE BANDĂ DE ASAMBLARE

ing. MIRCEA POPA

Universitatea Tehnică Timișoara,
Facultatea de Automatică și Calculatoare

Rezumat: Lucrarea tratează problema reconfigurabilității calculatoarelor cu structură în formă de bandă de asamblare. După prezentarea conceptului, a caracteristicilor benzilor de asamblare și a clasificării lor, autorul descrie o soluție proprie pentru reconfigurarea lor. Se prezintă un exemplu pentru o bandă cu patru posturi, dar care poate fi extins oricare ar fi numărul de posturi. Sunt descrise două variante ale soluției: una care asigură flexibilitatea maximă, dar cu cerințe mai mari, și una mai simplă, dar care asigură o flexibilitate limitată.

Problema este puțin abordată în literatura de specialitate, iar soluția descrisă în această lucrare este superioară celor din literatură întrucât asigură flexibilitatea maximă, iar modul de comandă a reconfigurării este simplu.

Cuvinte cheie: structură în formă de bandă de asamblare, multiplexor.

1. Introducere

Lucrarea abordează problema reconfigurabilității calculatoarelor cu structură în formă de bandă de asamblare.

Un asemenea calculator asigură performanțe mari, dar pentru un anumit tip de aplicații și un preț relativ ridicat. Reconfigurabilitatea permite ca un sistem fizic existent să rezolve în mod optim mai multe tipuri de aplicații asigurând astfel un grad mare de flexibilitate, proprietate deficitară la structurile în formă de bandă de asamblare. Creșterea prețului este mică, raportată la avantajele oferite prin asigurarea reconfigurabilității.

Paragraful următor descrie conceptul de bandă de asamblare. Următoarele două paragrafe prezintă caracteristici ale benzilor de asamblare și clasificarea lor. Paragraful 5 descrie soluția oferită de autor pentru asigurarea reconfigurabilității, iar ultimul paragraf prezintă concluzii.

2. Conceptul de bandă de asamblare în calculatoare

Banda de asamblare este o modalitate de organizare a unui sistem în care nivelurile de prelucrare care-l compun se înlănțuie, ieșirile unuia constituind intrări pentru nivelul următor, [1], [2], [3], [4]. Intrarea se conectează la primul nivel, iar ieșirea se obține de la ultimul nivel. Fiecare nivel prelucrează intrările și oferă rezultatele următorului nivel. La un moment dat, în bandă pot avea loc mai multe operații, fiecare în diferite faze.

Conceptul a fost aplicat și în calculatoare în scopul creșterii vitezei de lucru. Utilizarea sa este posibilă la două niveluri: la nivelul instrucțiunilor și la nivelul proceselor.

În ambele cazuri se păstrează structura benzii, dar nivelurile de prelucrare diferă. În primul caz ele sunt specializate, orientate pe un tip de operații, iar în al doilea caz prezintă un grad de generalitate.

Figura 1 prezintă structura de bază a unei benzi de asamblare. Prelucrarea intrărilor și a rezultatelor parțiale se face în niveluri N_i , iar transferul informațiilor între niveluri se face prin intermediul unor registre tampon, T_i , cu rol de memorare temporară a rezultatelor intermediare. T_f este tamponul final. Un tampon și un nivel alcătuiesc un post al benzii de asamblare. Transferul de informații între posturi se face sincron, sub acțiunea unui tact comun, frecvența acestuia stabilind viteza întregii structuri (vezi figura 1).

Din punct de vedere al performanțelor, situația ideală este aceea în care banda de asamblare este alcătuită din posturi cu specializare îngustă, orientate pe o unică operație, întrucât atunci viteza este maximă, dacă este rezolvată și problema alimetării cu operanzi și a depunerii rezultatelor. Dar aceasta presupune un echipament complex și scump. Un alt dezavantaj este acela că banda nu va rezolva decât un anumit tip de probleme.

În cazul unei benzi de asamblare, utilizată la nivelul proceselor apar și alte probleme, [9]:

- este necesară stabilirea unui algoritm pentru partiționarea în subproces, fiind de dorit ca aceasta să presupună un timp de calcul egal și interdependențe minime;
- este necesară delimitarea proceselor care pot fi împărțite în subproces care să respecte cerințele enunțate.

3. Caracteristici ale structurilor cu benzi de asamblare

Literatura de specialitate prezintă proprietăți ale benzilor de asamblare, [1], [2], [3], [4].

Viteza de lucru a unei benzi de asamblare este factorul decisiv, care stabilește performanțele sale. Aceasta depinde, la rândul ei, de frecvența tactului. Considerând că toate tamponurile au întâzieri identice, t și t_i este întâziera pe nivelul i de lucru, atunci perioada tactului va fi:

$$T = t + \max t_i$$

Rezultă frecvența tactului: $f = 1/T$. Din modul de calcul al frecvenței se observă că nivelul cel mai lent va stabili viteza de lucru a întregii benzi. Din această cauză este de dorit ca întâzierile pe fiecare nivel să fie egale. De asemenea, întâzierile pe tamponuri afectează viteza de lucru, ceea ce înseamnă că trebuie avut grijă ca transferul de informații între posturi să se facă cât mai rapid.

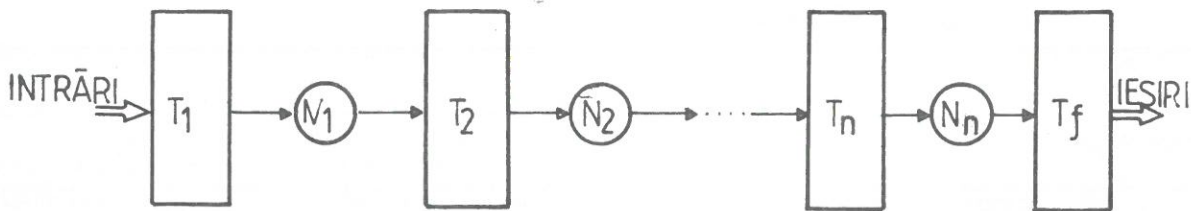


Figura 1. Structura de bază a unui calculator cu bandă de asamblare

Viteza de lucru este afectată și de numărul de niveluri ale unei benzi. Se consideră o bandă cu m niveluri prin care trec n instrucțiuni sau procese. În faza inițială este necesară umplerea benzii cu operanzi corespunzători primei instrucțiuni. După aceasta, banda va putea să furnizeze un rezultat la fiecare tact, deci cele n instrucțiuni vor putea fi executate în $m + n - 1$ perioade de tact; m reprezintă timpul corespunzător încărcării benzii, deci timpul necesar obținerii rezultatului primei instrucțiuni, iar $n - 1$ corespunde timpului necesar obținerii rezultatelor pentru restul de $n - 1$ instrucțiuni, câte unul în fiecare tact. Într-o structură fără bandă de asamblare tot cu m posturi de lucru, cele n instrucțiuni s-ar executa în $n * m$ perioade de tact.

Pentru o structură cu bandă de asamblare, viteza se definește conform relației de mai jos, [1]:

$$v = \frac{n * m}{m + n - 1}$$

Se observă că, dacă numărul de instrucțiuni (proces) este foarte mare, în raport cu numărul de posturi, viteza va tinde spre m , numărul de posturi din bandă.

Ceea ce s-a obținut este viteza maximă, teoretică, cea reală fiind întotdeauna mai mică datorită mai multor factori [5], [8]: interdependențe între instrucțiuni (proces), așteptări datorită neaprovizionării ritmice a benzii sau datorită nepreluării ritmice a rezultatelor, așteptări datorită apelurilor la unele resurse, apariția instrucțiunilor de salt, a întreruperilor și a instrucțiunilor de apel de subrutine etc.

O caracteristică importantă a unei benzi de asamblare o constituie rata de lucru care se definește, [1], ca numărul de instrucțiuni (proces) executate în unitatea de timp. Considerând o bandă de asamblare cu m posturi prin care trec n instrucțiuni (proces), ea le va putea executa într-un timp egal cu $(m + n - 1) * T$, unde T este perioada tactului. Rezultă rata de lucru ca fiind:

$$r = \frac{n}{(m + n - 1) * T}$$

În situația ideală, r tinde la $1/T = f$, ceea ce corespunde situației în care rata de lucru este egală cu frecvența tactului, adică banda de asamblare oferă un rezultat la fiecare impuls de tact. În realitate, factorii enumerați mai sus afectează și rata de lucru, determinând scăderea ei.

4. Clasificarea benzilor de asamblare

Literatura de specialitate prezintă clasificarea benzilor de asamblare după mai multe criterii.

Din punct de vedere funcțional ele se împart în:

- benzi de asamblare la nivelul instrucțiunilor: aducerea unei instrucțiuni, decodificarea ei, aducerea operanzilor și execuția instrucțiunii sunt alocate la posturi diferite, astfel încât, în timp ce se execută o instrucțiune, este adusă alta, decodificată alta etc.;
- benzi de asamblare pentru operații aritmetice;
- benzi de asamblare la nivelul procesoarelor: fiecare procesor realizează un tip de operații asupra operanzilor care constituie ieșiri ale procesorului anterior din bandă.

Raportat la tipul de operanzi cu care pot să lucreze, benzile de asamblare se împart în: scalare și vectoriale.

Din punct de vedere al flexibilității, benzile de asamblare se pot împărți în:

- unifuncționale: ele sunt dedicate; un calculator poate conține mai multe asemenea benzi;
- multifuncționale.

Din punct de vedere al reconfigurabilității, benzile de asamblare se împart în:

- statice: nu au posibilități de reconfigurare, pot fi unifuncționale sau multifuncționale;
- dinamice: au posibilități de reconfigurare, pot fi doar multifuncționale.

În fine, un ultim criteriu este cel structural, care clasifică benzile de asamblare în:

- liniare: cu structura ca cea din figura 1;

- neliniare: există situații în care intrările unei operații depind de ieșirile anterioare, în alte situații ieșirile unui post afectează simultan intrările mai multor posturi; asemenea situații nu pot fi rezolvate decât cu structuri neliniare care au, atât reacții, cât și conexiuni pentru trecerea peste mai

multe niveluri; în acest caz, la intrările posturilor vor fi necesare și multiplexoare care să selecteze intrările corespunzătoare operației; figura 2 prezintă structura unei benzi de asamblare neliniare (vezi figura 2).

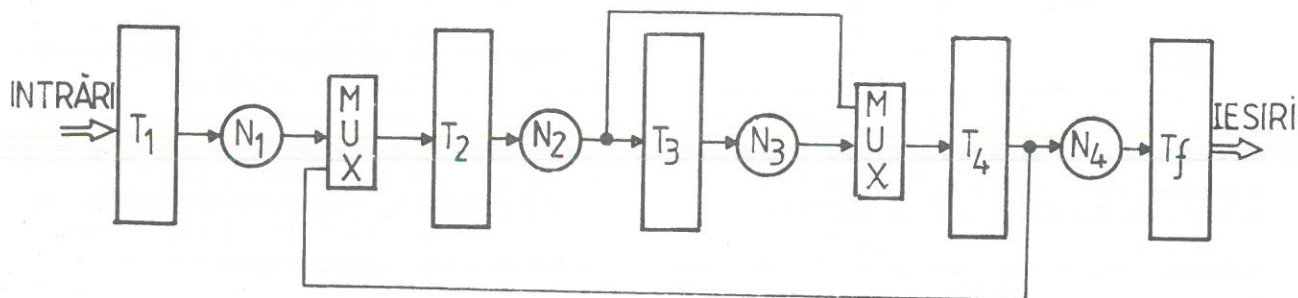


Figura 2. Structura unei benzi de asamblare neliniare

5. Reconfigurarea benzilor de asamblare

Necesitatea reconfigurării benzilor de asamblare a apărut datorită următoarelor cauze:

- toleranță minimă la defecțiuni: datorită structurii lor în formă de lanț, o cădere a unui post poate duce la căderea întregii benzi; există și alte metode pentru creșterea toleranței la defecțiuni, de exemplu, dublarea posturilor, dar, dacă se dublează toate posturile, soluția este prea costisitoare, iar, dacă se dublează doar unele posturi, căderea unuia din posturile nedublate va duce la căderea întregii benzi;
- creșterea flexibilității: fiind dată o bandă de asamblare, dacă trebuie rezolvată o aplicație care necesită o modificare a structurii, de exemplu, modificarea numărului de posturi sau modificarea ordinii lor, reconfigurarea benzii va permite abordarea aplicației.

Problema reconfigurării benzilor de asamblare este puțin abordată în literatura de specialitate. În [7] este descrisă o soluție, dar în unicul scop de a crește toleranța la defecțiuni. Soluția se bazează pe plasarea la nivelul fiecărui post a unor circuite care pot asigura eliminarea respectivului post din bandă prin scurtcircuitarea sa. Soluția prezentată în acest paragraf este superioară întrucât asigură și posibilitatea de a schimba ordinea posturilor în bandă.

La nivel principal sunt prezentate și alte soluții în [1]. Ele presupun cuprinderea în același sistem a mai multor benzi. Astfel, creșterea flexibilității și a toleranței la defecțiuni se pot obține și prin:

- existența mai multor benzi de asamblare generale, identice, care pot lucra independent; banda de asamblare liberă va fi solicitată pentru rezolvarea operației curente; dacă o bandă se defectează va

putea fi înlocuită;

- existența mai multor benzi de asamblare specializate; astfel, poate exista o bandă pentru operații de adunare și alta pentru operații de înmulțire.

Dezavantajul acestor soluții îl constituie o creștere accentuată a prețului datorită multiplicării benzilor.

Reconfigurarea nu are sens pentru orice tip de bandă de asamblare. De exemplu, în cazul unei benzi care lucrează la nivelul instrucțiunilor nu are sens reconfigurarea ei. Dar, pentru benzi care lucrează la nivelul proceselor sau procesoarelor, reconfigurarea poate duce la o mai eficientă utilizare a lor, întrucât vor putea aborda o gamă mai largă de aplicații.

Ținând seama de clasificările de la paragraful 4, o bandă de asamblare reconfigurabilă va fi: multifuncțională, dinamică, neliniară și la nivelul proceselor sau procesoarelor.

Pentru ca o bandă de asamblare să fie reconfigurabilă este necesar să poată fi modificată ordinea de conectare a posturilor. Aceasta cere ca intrarea unui post să aibă surse diferite, adică să fie comandată de ieșiri de posturi diferite. Aceasta impune existența, la intrarea fiecărui post, a unui element multiplexor care să aleagă ieșirea aceluși post care se va conecta la intrarea postului respectiv în conformitate cu cerințele aplicației. Pentru a obține o reconfigurabilitate totală, numărul intrărilor de date ale multiplexorului va trebui să fie egal cu n , unde n este numărul de posturi ale benzii, una dintre ele fiind intrarea în bandă, iar celelalte $n - 1$ fiind ieșirile celorlalte $n - 1$ posturi. Ieșirea din bandă este, de asemenea, comandată de un multiplexor care va selecta postul care devine capăt al benzii. Numărul intrărilor multiplexorului este egal cu cel al posturilor.

Problema care se pune este cea a comandării liniilor

de selecție a multiplexoarelor. Aceasta depinde de modul de conectare a ieșirilor posturilor la intrările de date ale multiplexoarelor. În cazul general, problema are două aspecte:

- la un moment dat, intrările selectate ale multiplexoarelor corespunzătoare posturilor vor diferi între ele;
- la momente diferite de timp, intrările selectate ale multiplexorului corespunzător unui post pot diferi între ele.

Rezultă că, pentru o reconfigurabilitate totală, va trebui asigurată posibilitatea de a comanda prin configurații diferite multiplexoarele posturilor benzii de asamblare, structurând astfel banda pentru o anumită aplicație. De asemenea, va trebui stabilită o relație generală pentru a selecta o anumită intrare a unui multiplexor, care va ține seama de modul în care s-au făcut conexiunile între ieșirile posturilor și intrările de date ale multiplexoarelor.

Pentru a asigura ca, la un moment dat, intrările de selecție ale multiplexoarelor diferitelor posturi să primească configurații diferite va trebui aleasă una din următoarele soluții:

- linii separate pentru intrările de selecție ale fiecărui multiplexor; modulul care va comanda selecția va plasa pe linii configurația necesară la fiecare multiplexor asigurând și memorarea ei până la următoarea reconfigurare sau
- linii comune pentru toate intrările de selecție; modulul care va comanda selecția va plasa pe linii configurația necesară unui multiplexor, însoțită și de un identificator (adresă) a acestuia, iar memorarea acestei configurații va trebui să fie asigurată local, de către multiplexor.

Prima soluție necesită un mare număr de linii și un modul de comandă a selecției complex, dar avantajul este timpul scurt pentru comanda liniilor. La a doua soluție, numărul de linii este mic, egal cu cel de selecție a multiplexoarelor, dar fiecărui multiplexor va trebui să i se atașeze un bloc de recunoaștere a adresei și de memorare a configurației de selecție. De asemenea, timpul pentru comanda liniilor va fi mai lung.

Indiferent de soluția aleasă rezultă necesitatea existenței unui modul separat, care va comanda liniile de selecție ale multiplexoarelor, mai simplu în cazul celei de a doua soluții.

Referitor la relația pentru selectarea unei anumite intrări a unui multiplexor soluția propusă este următoarea: se numerotează posturile de la stânga la dreapta cu 0, 1, 2, ș.a.m.d.; ieșirea postului i se conectează la intrarea de date i a fiecărui multiplexor cu excepția multiplexorului de la intrarea sa, la care se va conecta intrarea în bandă. Și la multiplexorul de la ieșire, la intrarea i se va conecta ieșirea postului i . Se consideră că și intrările multiplexoarelor sunt numerotate cu 0, 1, 2, ... de jos în sus. În acest fel, intrările de selecție ale unui multiplexor vor fi

comandate de o configurație care este adresa postului care precede postul asociat multiplexorului respectiv, la momentul respectiv. Intrările de selecție ale multiplexorului de la ieșire vor fi comandate de o configurație care este adresa postului ieșire a benzii. Ca urmare, atunci când se stabilește structura unei benzi de asamblare, adică ordinea posturilor, în conformitate cu cerințele unei aplicații, rezultă imediat și configurațiile ce vor comanda intrările de selecție ale multiplexoarelor posturilor ca fiind adresele posturilor imediat precedente.

Figura 3 prezintă structura unei benzi de asamblare reconfigurabilă cu 4 posturi. Cu cifre s-au notat posturile care includ și registrele tampon, iar cu M multiplexoarele. S_{0i} și S_{1i} sunt intrările de selecție ale multiplexoarelor, $i = 0, 1, 2, 3$, e. Dacă se dorește ca, la un moment dat, configurația benzii să fie $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$, atunci, la intrările de selecție ale multiplexoarelor vor trebui aduse și memorate următoarele configurații:

$$S_{00}=0 \quad S_{01}=0 \quad S_{02}=1 \quad S_{03}=0 \quad S_{0e}=1$$

$$S_{10}=0 \quad S_{11}=0 \quad S_{12}=0 \quad S_{13}=1 \quad S_{1e}=1$$

(vezi figura3)

Dacă se dorește modificarea configurației benzii în $1 \rightarrow 0 \rightarrow 3 \rightarrow 2$, va fi suficient ca la intrările de selecție ale multiplexoarelor să fie aduse și memorate următoarele configurații:

$$S_{01}=1 \quad S_{00}=1 \quad S_{03}=0 \quad S_{02}=1 \quad S_{0e}=0$$

$$S_{11}=0 \quad S_{10}=0 \quad S_{13}=0 \quad S_{12}=1 \quad S_{1e}=1$$

În fine, dacă se dorește o configurare a benzii în forma $0 \rightarrow 2 \rightarrow 1$, va fi suficient ca la intrările de selecție ale multiplexoarelor să fie aduse și memorate următoarele configurații:

$$S_{00}=0 \quad S_{02}=0 \quad S_{01}=0 \quad S_{0e}=1$$

$$S_{10}=0 \quad S_{12}=0 \quad S_{11}=1 \quad S_{1e}=0$$

Cu soluția propusă, prin introducerea de $n + 1$ multiplexoare pentru o bandă de asamblare cu n posturi, se asigură o flexibilitate maximă fiind posibile 2^n configurări ale benzii. O mare problemă o constituie însă comanda liniilor de selecție pentru care se poate alege una din cele două soluții prezentate.

Simplificarea problemei comandării liniilor de selecție se poate face doar prin scăderea gradului de flexibilitate rezultând o bandă de asamblare parțial reconfigurabilă. Simplificarea este maximă dacă liniile de selecție vor fi comune. Considerând o bandă de asamblare cu n posturi, n fiind putere a lui 2, vor fi necesare $\log_2 n$ linii de selecție. Rezultă că, numărul maxim al configurațiilor în care se poate structura banda, va fi egal cu $2^{\log_2 n} = n$. Dacă n nu este putere a lui 2, atunci numărul liniilor de selecție necesare va fi:

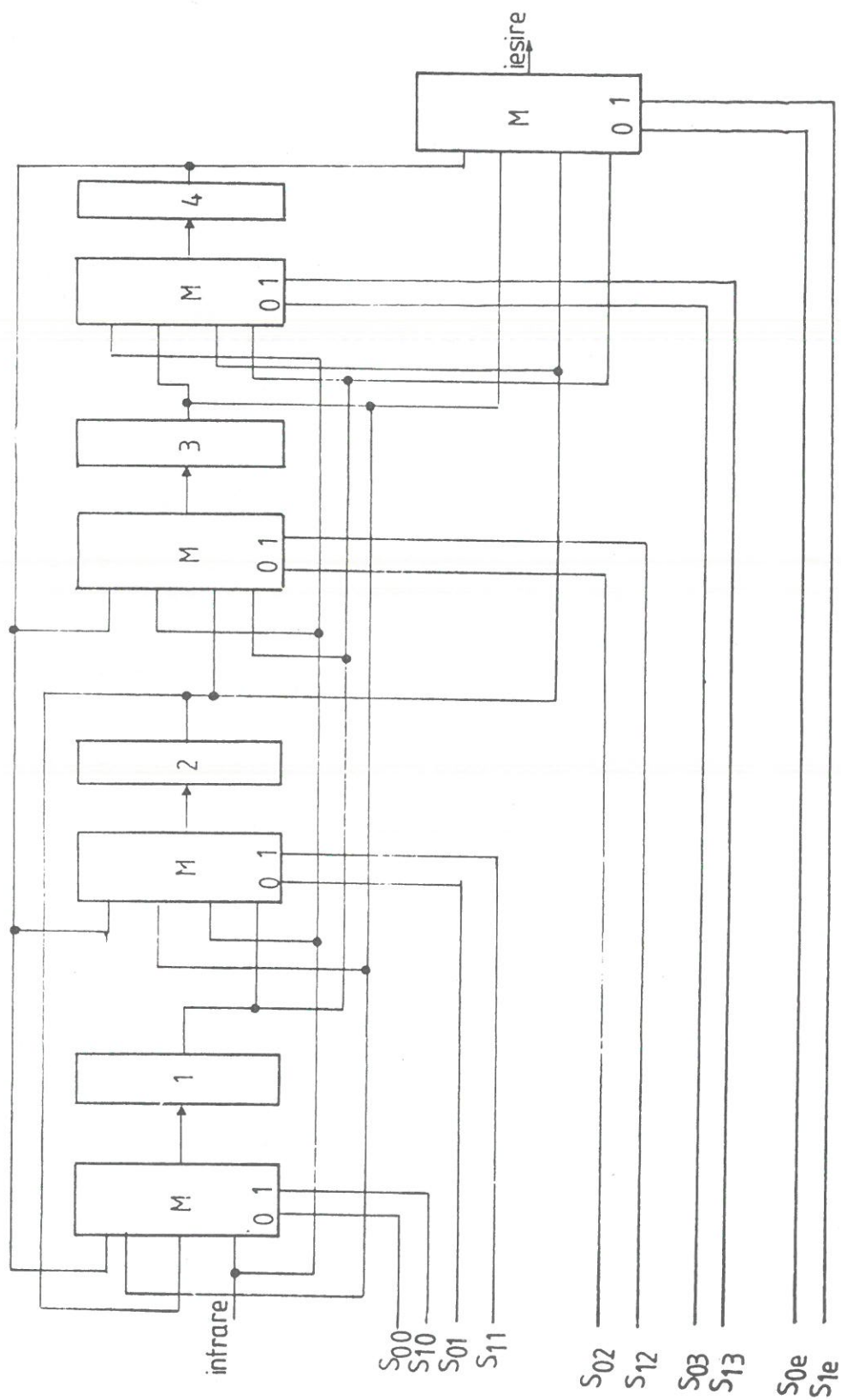


Figura 3. Bandă de asamblare reconfigurabilă

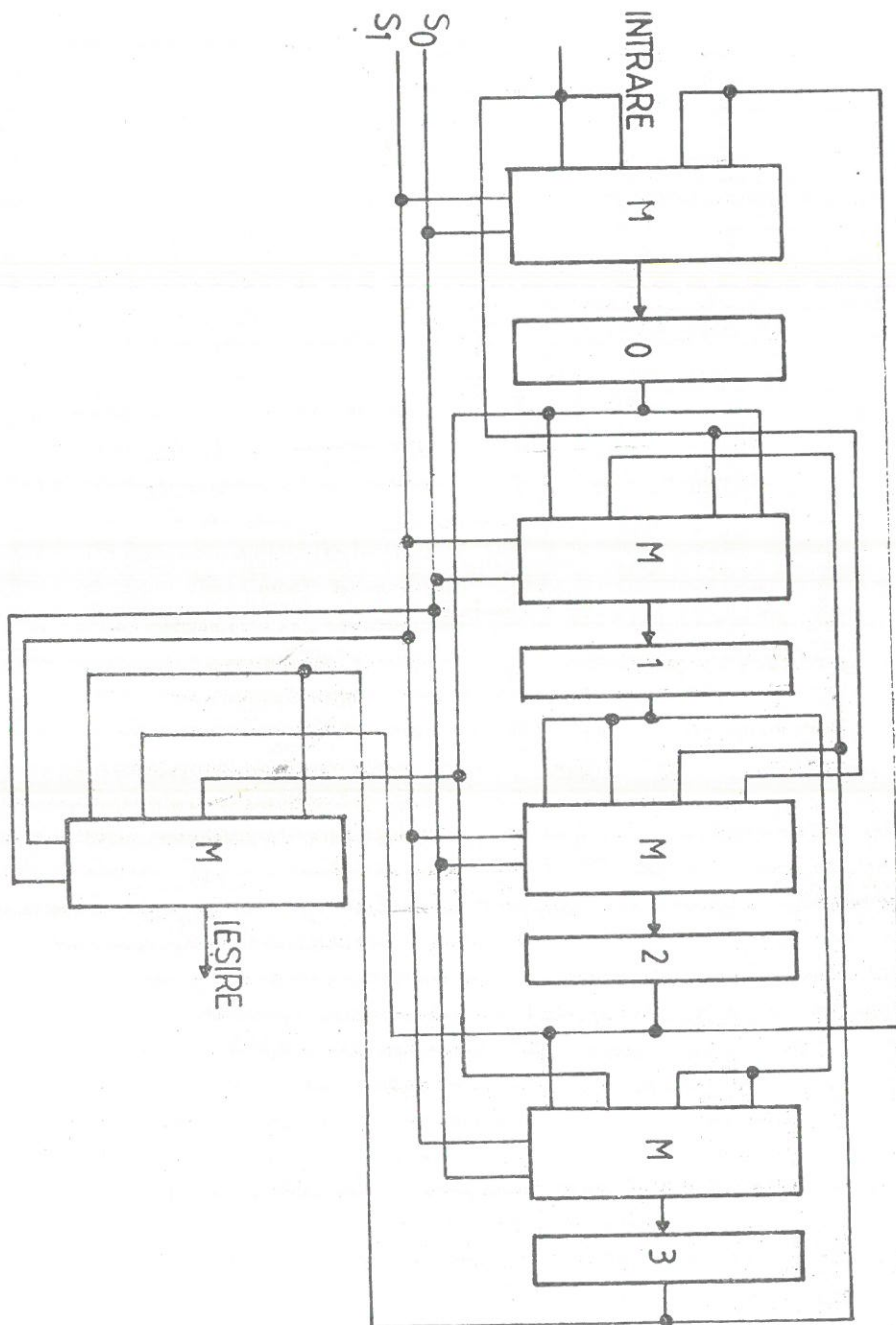


Figura 4. Bandă de asamblare parțial reconfigurabilă

$$a = (\log_2 n + 1) + 1,$$

iar numărul configurațiilor în care se poate structura banda va fi egal cu 2^a . Regula de conectare a ieșirilor posturilor la intrările multiplexoarelor, enunțată pentru cazul general, nu mai poate fi păstrată, întrucât ar însemna ca pentru orice combinație adusă la liniile de selecție comune, banda să fie formată dintr-un unic post.

Concluzia autorului este aceea că, între modalitatea de a efectua conexiunile între ieșirile posturilor și intrările multiplexoarelor și stările pe care le are o bandă parțial reconfigurabilă, asociate diferitelor combinații de la intrările de selecție, există o legătură directă în sensul că, pornind de la aceste stări, o stare fiind definită de o anumite ordine a posturilor în bandă, se stabilesc conexiunile. Se poate utiliza și calea inversă adică se pornește de la anumite conexiuni impuse, care vor determina stările benzii corespunzătoare fiecăreia din combinațiile aduse la intrările de selecție. Figura 4 prezintă un exemplu de bandă de asamblare parțial reconfigurabilă, care poate lua stările:

- 0 → 1 → 2 → 3 pentru combinația $S_0 = 0, S_1 = 0$ sau
- 0 → 3 → 1 → 2 pentru combinația $S_0 = 1, S_1 = 0$ sau
- 1 → 3 → 2 → 0 pentru combinația $S_0 = 0, S_1 = 1$ sau
- 2 → 0 → 1 → 3 pentru combinația $S_0 = 1, S_1 = 1$.

(vezi figura 4)

Conexiunile realizate vor permite doar una din aceste stări. Dacă se va dori o nouă stare, atunci va trebui eliminată una din cele prezente, întrucât banda nu permite decât alegerea uneia din cele 4 stări, iar conexiunile vor trebui modificate.

Reconfigurarea benzilor de asamblare asigură avantajele prezentate la începutul prezentului paragraf, adică: creșterea toleranței la defecțiuni și creșterea flexibilității, în condițiile unei creșteri minime a prețului. Ca dezavantaj se poate menționa o scădere a vitezei de lucru a benzii datorită necesității de a utiliza posturi nespecializate pe o anumită operație.

6. Concluzii

Pornind de la necesitatea creșterii flexibilității structurilor în formă de bandă de asamblare precum și de la necesitatea creșterii gradului lor de toleranță la defecțiuni, lucrarea abordează problema reconfigurării la aceste structuri.

Soluțiile oferite de autor, pentru reconfigurabilitatea totală și cea parțială, necesită hardware suplimentar, dar acesta este simplu. Particularitățile acestor soluții afectează într-o măsură minimă viteza de lucru a benzii, și numai a celor foarte rapide, întrucât circuitele introduse sunt numai de tip combinațional, iar întârzierea pe aceste circuite este mică, raportată la perioada tactului. Regula pentru conectarea ieșirilor posturilor la intrările multiplexoarelor asigură o comandă unitară și simplă a liniilor de selecție ale multiplexoarelor care vor determina o anumită configurare a benzii.

Bibliografie

1. HWANG, K., BRIGGS, F.A.: Computer Architecture and Parallel Processing, McGraw - Hill Book Company, New York, 1987.
2. STALLINGS, W.: Computer Organization and Architecture. Principles of Structure and Function, Macmillan Publishing Company, New York, 1987.
3. KAIN, R.Y.: Computer Architecture. Software and Hardware, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, SUA, 1989.
4. HOSHINO, T.: PAX COMPUTER. High - Speed Parallel Processing and Scientific Computing - Addison - Wesley Publ. Cambridge, MA, SUA, 1985.
5. SOHI, G.S.: Instruction Issue Logic for High Performance, Interruptible, Multiple Functional Unit, Pipelined Computers. În: IEEE Transactions on Computers, March, 1985.
6. BERSTEIN, D., RODEH, M., GERBNER, I.: On the Complexity of Scheduling Problems for Parallel/Pipelined Machines. În: IEEE Transactions on Computers, September, 1989.
7. GUPTA, R., ZORAT, A., RAMAKISNAN, I. V.: Reconfigurable Multipipelines for Vector Supercomputers. În: IEEE Transactions on Computers, September, 1989.
8. EMMA, P.G., DAVIDSON, E.S.: Characterization of Branch and Data Dependencies in Programs for Evaluating Pipeline Performance. În: IEEE Transactions on Computers, July, 1987.
9. BOKHARI, S.H.: Partitioning Problems in Parallel Pipelined and Distributed Computing. În: IEEE Transactions on Computers, January, 1988.

RTL-STOCURI

SOFTWARE DESTINAT GESTIUNII STOCURILOR DE MATERII PRIME, MATERIALE ȘI DE PRODUSE FINITE

Produsul este destinat informatizării activităților din cadrul magaziiilor de materii prime, materiale și de produse finite, asigurând realizarea următoarelor funcții:

- Evidența tranzacțiilor (NIR-uri, bonuri de consum individuale sau colective, note de restituire etc.)
- Evidența mișcărilor din gestiune
- Evidența inventarelor periodice

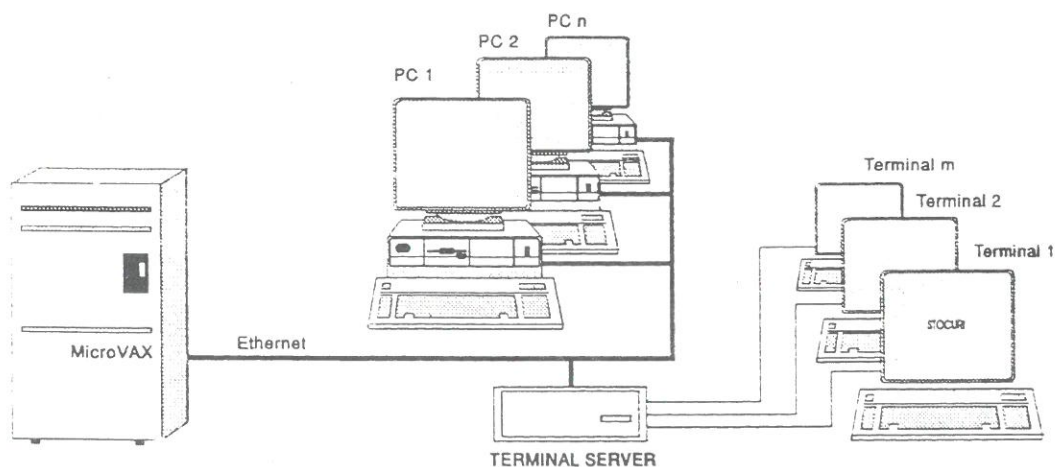
Produsul poate funcționa independent sau în cadrul unui sistem informatic distribuit pentru gestiunea și conducerea producției, având următoarea configurație:

Hardware:

- Calculator MicroVAX 3xxx/4xxx
- Calculatoare personale compatibile IBM PC
- Terminale compatibile VT100
- Componente pentru conexiune în rețea Ethernet

Software:

- Sistem de operare Open VMS
- Sistem de gestiune baze de date VAX Rdb
- Sistem de operare MS-DOS
- Sistem de gestiune videoformate VAX FMS



Produsul, realizat în C, oferă facilități de introducere date, afișare-modificare date, listare a ultimelor modificări, interogare bază de date după diverse criterii, elaborare de rapoarte. Interfața cu utilizatorul constă dintr-un sistem ierarhizat de meniuri cu diverse opțiuni și videoformate pentru introducere sau modificare de date, fiind prevăzute validări la nivel de câmp, liste de valori, mesaje explicative și de eroare.