

10.TESTAREA CIRCUITELOR ÎN RAPORT CU DEFECTELE SCURTCIRCUIT.

10.0 Introducere.

DSC (defectele scurtcircuit) apar adesea în manufacturarea plăcilor și circuitelor integrate și sunt constituite din conectarea unor linii care în mod normal nu sunt conectate direct.

10.1 Modelul defectelor scurtcircuit.

Liniile cuprinse într-un DSC constituie o rețea echipotențială. În mod curent printr-un DSC se înțelege conectarea a două linii care în mod normal nu sunt conectate. În cazul în care un DSC implică mai mult de două linii este necesar să se precizeze numărul de linii scurtcircuitate. În acest caz numărul de linii prinse de respectivul defect îl vom numi ordinul DSC.

În cazul în care liniile unui DSC sunt pilotate către valori opuse, în funcție de tehnologie, se stabilește valoarea pe care o ia conexiunea impusă de DSC. Astfel în tehnologia TTL va domina valoarea zero, și se spune că DSC a creat un „ȘI“ cablat. Dacă valoarea dominantă este unu se spune că DSC a creat un „SAU“ cablat. Există tehnologii în care nu se poate determina valoarea impusă de DSC (spre exemplu tehnologia MOS).

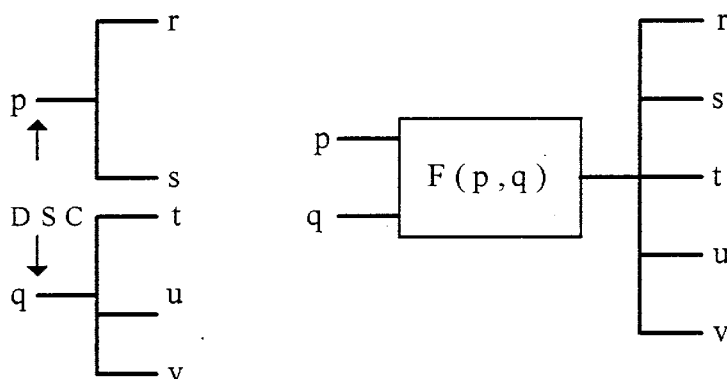


Figura 10.1 Echivalența funcțională a unui DSC

Stabilirea dominanței este foarte importantă deoarece în funcție de aceasta se modelează DSC printr-o poartă suplimentară ce este inclusă în circuit, poartă asupra căreia se pot construi metode de testare. Această transformare a unui DSC într-o poartă se numește echivalența funcțională a DSC (fig. 10.1). Pentru o linie i scurtcircuitată trebuie să distingem valoarea ce s-ar observa actualmente pe linia i, de valoarea liniei i, așa cum ar fi aceasta

determinată de elementul de circuit (poartă, modul, etc.) ce alimentează această linie; valoarea din urmă poartă numele de valoare pilotată. În figura 10.1 este arătat modelul general al unui DSC dintre liniile p și q. Notăm DSC prin $f(p, q)$ și funcția introdusă de DSC prin $F(p, q)$. Ramificațiile modului F sunt obținute prin reunirea ramificațiilor liniilor p și q. Se remarcă faptul că valorile liniilor p și q din acest modul sunt valorile pilotate, dar să reținem că aceste valori, în circuit, nu sunt observabile.

Funcția F are proprietatea $F(a, a) = a$. Pentru valori pilotate ale liniilor p și q valoarea funcției F este determinată în funcție de tehnologie. Spre exemplu în tehnologia MOS, despre care am arătat că nu se poate determina valoarea impusă, valoarea funcției $F(a, a')$ este în general nedeterminată, cu alte cuvinte tensiunea rezultată nu corespunde nici uneia dintre valorile logice. În cele ce urmează vor fi considerate numai DSC pentru care F este complet determinată.

Spre deosebire de modelul DBS, în modelul DSC nu este necesar să distingem între o linie și ramificațiile acelei linii, deoarece linia și ramificațiile acesteia au întotdeauna aceeași valoare. De aceea DSC considerate vor fi definite numai între ieșirile porților și/sau LPI.

Dacă între liniile p și q ale unui DSC există una sau mai multe bucle atunci spunem că DSC este reactiv (DSCR) altfel este nonreactiv (DSCNR). Un DSCR transformă un circuit combinațional într-un circuit secvențial (dacă numărul de inversiuni este par în buclă, atunci circuitul poate chiar oscila). În general DSC nu sunt modelabile prin DBS (simple sau multiple) și aceasta este cauza pentru care sunt studiate separat. Totuși, de regulă, DSC sunt testate suplimentar modelului DBS. Aceasta datorită anumitor relații dintre DBS și DSC.

Dacă timpul de întârziere pe buclă este foarte mic atunci oscilațiile rezultate vor fi de frecvență ridicată și pot avea drept urmare faptul că semnalele afectate să ia valori logice nedeterminate. Astfel de valori pot crea rezultate confuze în simulare și testare.

Modelul defectelor scurtcircuit multiple (DSCM) reprezintă scurtcircuite în care sunt implicate mai mult de două semnale. Un DSCM cu $p > 2$ linii scurtcircuitate, poate fi reprezentat ca o compunere a $p - 1$ DSC între două linii. De exemplu, un DSCM între liniile i, j și k poate fi reprezentat de $DSC(i, j)$ și (j, k) . Acest model presupune că doar un singur grup de linii sunt scurtcircuitate. De exemplu, nu putem avea prezente în circuit atât (a, b) cât și (c, d) . Cu toate că pot apărea relații de mascare între componentele unui DSCM, multe DSCM sunt detectate de către testele destinate să detecteze DSC-urile sale componente. De asemenea DSCM au o mică probabilitate de apariție. De aceea, în continuare, vom considera doar DSC între două linii.

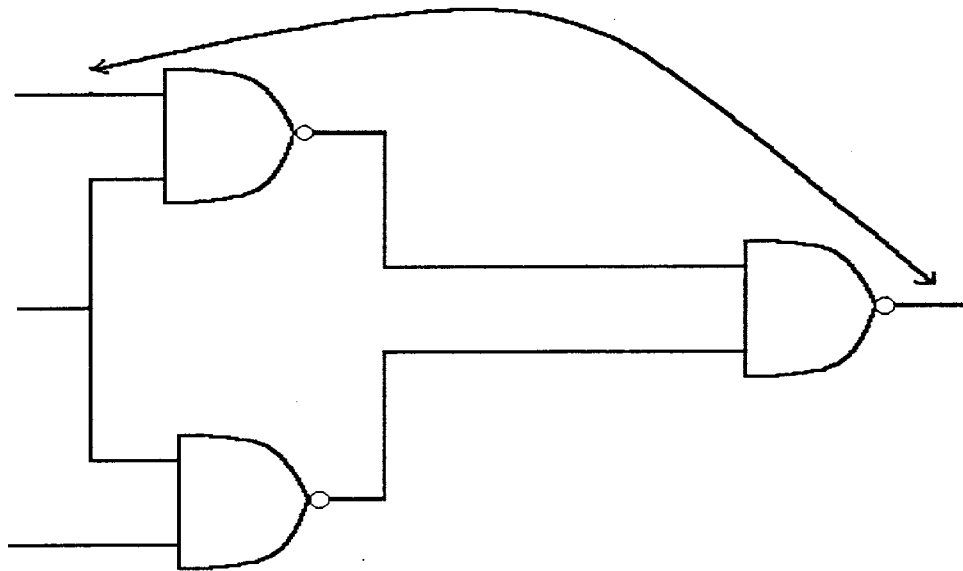


Figura 10.2 Exemplu de DSC

Numărul teoretic al posibilităților apariției de DSC într-un circuit cu G porți și I LPI este :

$$b = \left[\frac{G + I}{2} \right]$$

Pentru $G \gg I$, $b = G(G - 1) / 2$, deci factorul dominant este G^2 . În orice caz, această relație presupune că un scurtcircuit poate apărea între oricare două linii. În multe situații un scurtcircuit implică doar liniile adiacente din punct de vedere fizic. Fie N_i liniile vecine liniei i , însemnând un set de linii fizic adiacente liniei i . Atunci numărul de DSC posibile (realizabile) este:

$$b = \frac{1}{2} \sum_i |N_i|$$

Notând prin k media mărimii N_i , avem:

$$b = \frac{1}{2}(G + I)k$$

În general, k descrește cu media fanout-urilor denumită f . Să presupunem că fiecare linie și ramificațiile sale au, în medie, r vecini distincți, unde r depinde de așezarea în schemă. Atunci:

$$b = \frac{1}{2}(G + I)r(1 + f)$$

Comparând acest rezultat cu numărul de DBS-uri rezultat din cursul 4, putem concluziona că numărul de DSC posibile (realizabile) este de același ordin de mărime ca și

DSC-urile din circuit. Dar cum r este mai mare ca 2, numărul de DSC-uri posibile este de obicei mai mare. Mai mult decât atât, numărul de DBS-uri analizate poate fi redus folosind echivalența structurală și relațiile de dominanță, însă tehnicile similare de colapsare pentru DSC-uri nu au fost încă dezvoltate.

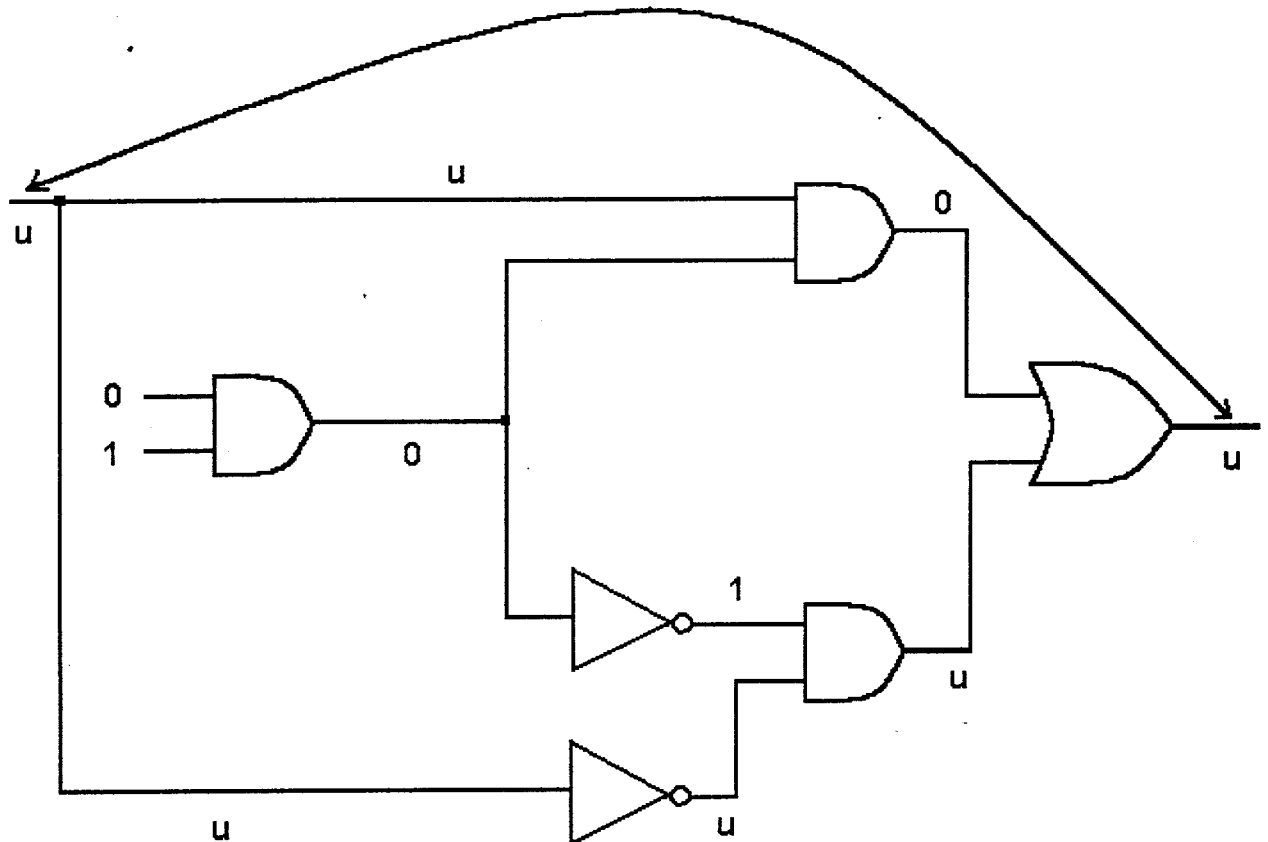


Figura 10.3 Oscilații introduse de un DSCR

În orice caz, modelul DSC este des utilizat pe lângă (împreună cu) modelul DBS. Pentru a avea avantaje din acest lucru, vom analiza mai întâi relațiile dintre detecția DBS și detecția DSC. Apoi vom prezenta simularea defectelor și metodele de generare a testelor pentru DSC care folosesc relațiile amintite mai sus, de aceea, prelucrarea celor două modele poate fi combinată. În acest fel, testarea DSC poate fi făcută cu un mic efort suplimentar, față de testarea DBS.

Urmatoarele analize consideră doar circuitele combinaționale. Deși discutăm doar de DSC ce induc un SI, rezultatul poate fi extins la DSC ce induc un OR schimbând 0-urile cu 1.

10.2 DETECTAREA DSCNR.

În cele ce urmează sunt examinate DSCNR ce induc o funcție ȘI. Rezultatele pot fi extinse și pentru situația în care un DSCNR induce o funcție SAU prin schimbarea lui 0 în 1 și reciproc. Vor fi considerate LPI, sau LPE, sau linii interioare dar nu linii ramificate.

Teorema 10.1 Un test T detectează un DSCNR ce induce un circuit ȘI între liniile p și q dacă și numai dacă detectează linia p b-l-0 și implică $q = 0$, sau detectează linia $q = b-l-0$ și implică $p = 0$. (Implicația se referă la valoarea luată de linia respectivă atunci când se aplică testul T).

Demonstratie

(i) Să presupunem că are loc prima condiție : T detectează p b-l-0 și pune linia q în 0. Deci T activează (evidențiază) defectul p b-l-0 (prin aducerea liniei p la 1) iar eroarea rezultată este propagată la o ieșire primară. Același lucru are loc și în prezența DSCNR ce produce un ȘI(p,q) care păstrează valoarea liniei q neschimbată. Rezultă că T detectează DSCNR ce induce ȘI(p,q). A doua condiție se demonstrează analog.

(ii) Dacă nici una din condițiile de mai sus nu are loc să arătăm că T nu detectează ȘI(p, q). Sunt posibile două cazuri:

(a) $p = q \Rightarrow$ ȘI(p,q) nu este activat;

(b) $p \neq q$. Să presupunem că linia $q = 0$ (fără nici o pierdere de generalitate din cauza simetriei). Atunci rezultă că linia p generează o eroare. Dar deoarece T nu detectează p b-l-0 această eroare nu este propagată la o LPE.

☛ Obs.: Teorema nu se aplică liniilor ramificate!

Putem sublinia că liniile p și q implicate în DSC sunt ieșiri și/sau intrări ale porții, nu linii ramificate. După cum este ilustrat în figura 10.4, teorema 10.1 nu poate fi aplicată liniilor ramificate. Cu toate că și h b-l-0 și m b-l-0 sunt nedetectabile, DSC ce implică ȘI(h,m) este detectat de testul 110, pentru că efectul defectului h este propagat de la linia b (teorema 10.1 aplicată pentru b și c)

În general, nu sunt garanții că un set complet de teste pentru DBS va satisface teorema 10.1 pentru fiecare DSCNR. Totuși, detecția poate fi garantată pentru o parte din tipurile de DSC ce implică intrările aceleiași porți. Acest lucru este important pentru că scurtcircuitele între liniile de intrare ale aceleiași porți au mari posibilități de apariție.

Corolarul 10.1 Fie p și q două linii semnal fără ramificație. Dacă p și q sunt intrări în aceeași poartă SAU ori SAUNU, atunci poarta ȘI(p, q) implicată de DSCNR între liniile p și q domină atât defectul linia p b-l-0 cât și defectul linia q b-l-0.

Demonstratie. Se poate observa din figura 10.5 că valorile necesare pentru detectarea defectului linia p b-l-0 (și similar valorile necesare pentru detectarea defectului linia q b-l-0) satisfac condițiile teoremei 10.1. Astfel încât, DSC ce implică un ȘI(p, q) domină și p b-l-0 și q b-l-0.

De notat că, în general, această relație de dominanță nu trebuie extinsă la circuitele secvențiale. De exemplu, în circuitul din figura 10.6 (pornind cu $y = 1$), considerăm DSC ce implică ȘI(x_1, x_2), care va domina x_2 b-l-1 într-un circuit combinațional. Deși secvența de test detectează x_2 b-l-1, ea nu detectează (x_1, x_2).

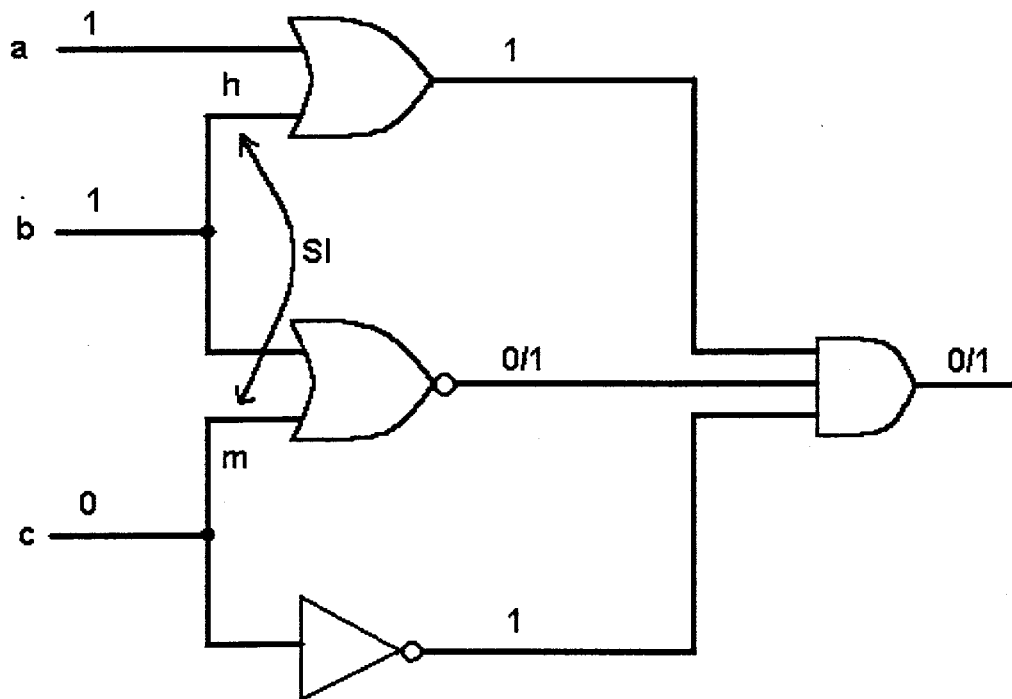


Figura 10.4

Obs. Scurtcircuitele între intrările unei aceeași porți par a fi prin defectele de acest fel cele mai frecvente. De aceea corolarul 10.1 este chiar mai util decât teorema 10.1.

Acum să considerăm un SI implicat de o poartă SAU, cu o perche de linii de intrare care sunt scurtcircuitate. Un argument similar folosit să demonstrăm corolaful 10.1 (referindu-ne la figura 7.7) ne conduce la următorul rezultat - corolarul 10.2.

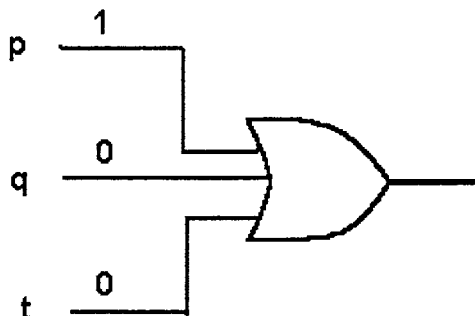
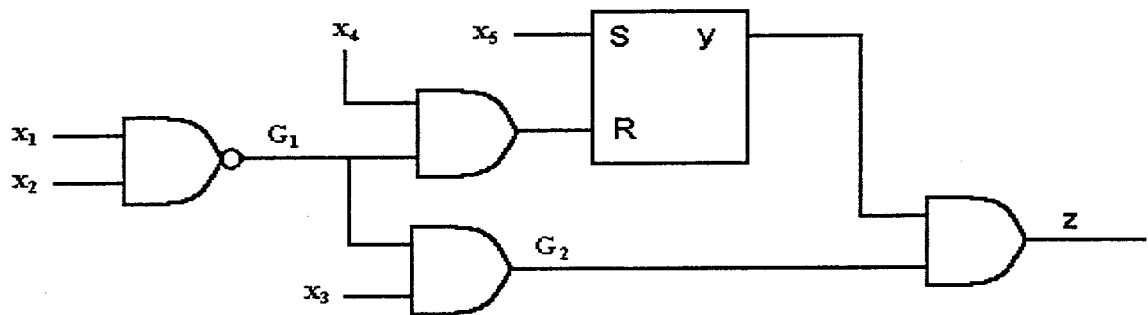


Figura 10.5

Corolarul 10.2. Fie p o linie cu ramificații și q o linie fără ramificații. Dacă p și q sunt intrări în aceeași poartă SAU ori SAU-NU atunci DSCNR induce ȘI(p,q) domină q b-l-0.

DSC-urile între intrările aceleiași porți care nu satisfac condițiile corolarelor 10.1 și 10.2 nu au garanția că pot fi detectate de setul complet de teste pentru DBS.

Friedman a presupus că într-un circuit combinațional iredundant, toate DSC-urile între intrările aceleiași porți, unde ambele intrări au ramificații, sunt detectabile. Încă nu s-au găsit contraexemple la presupunerea lui.



	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
t_1	1	0	0	1	0
t_2	1	0	0	0	0
t_3	0	1	0	0	0
t_4	0	1	1	0	0

Figura 10.6

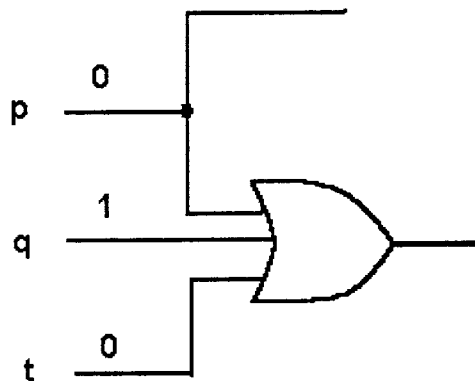


Figura 10.7

10.3 Detectia DSCR

Un DSCR este creat printr-o legătură între două linii pentru care există cel puțin o cale între acestea în circuit. În general în astfel de situații se deosebesc linii joase j (mai aproape de LPI) și linii înalte i (mai aproape de o LPE). Un circuit combinațional se transformă, în prezența unui DSCR, într-un circuit secvențial (stabil sau oscilant). În general pentru

circuite secvenționale sunt necesare secvențe de test. Cu toate acestea vom vedea că în multe cazuri DSCR sunt detectabile printr-un singur test.

Teorema 10.2 *Un test ce detectează i b-l-0 și aduce „j” la valoarea 0 detectează un ȘI cablat între liniile i și j .*

Demonstrație. Independent de starea în care se găsește circuitul înainte de aplicarea testului T linia j este adusă la 0 (valoare de control pentru ȘI). Valoarea trimisă pe linia i este 1, deci se produce o eroare pe linia i , eroare pe care testul o extrage la o LPE (figura 10.2).

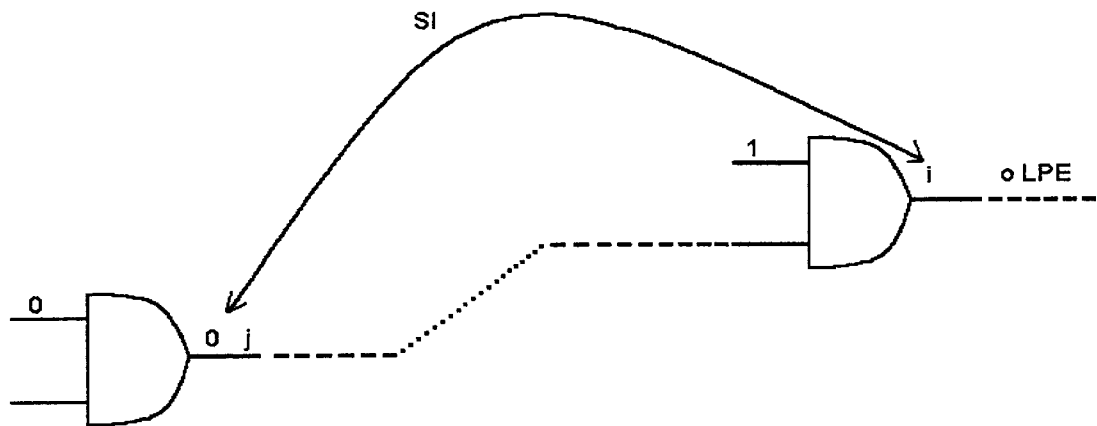


Figura 10.2 Ilustrarea condițiilor teoremei 10.2

Figura 10.8

Teorema 10.3 *Un test T ce detectează linia j b-l-0 și aduce linia $i = 0$ fără ca linia i să fie sensibilizată la j b-l-0, detectează un ȘI cablat indus de DSCR al liniilor i și j .*

Demonstrație:

Deoarece linia i nu este sensibilizată de blocajul în zero al liniei j sub testul T , rezultă că valoarea inițială a liniei i nu depinde de valoarea liniei j , (figura 10.3). Independent de starea în care se află circuitul afectat de DSCR înaintea aplicării testului T , valorile în care sunt aduse liniile j

și i sunt 1 și respectiv 0. Atunci T activează $\text{ȘI}(i,j)$ iar eroarea se propagă de la j pe căile senzitivizate de T pentru detectarea j b-l-0. De observat că un test T ce propagă j b-l-0 prin linia j și aduce linia i la valoarea 0 induce o oscilație prin bucla creată de circuitul indus (cablat) $\text{ȘI}(i,j)$. Un astfel de DSCR va fi numit potential oscilant.

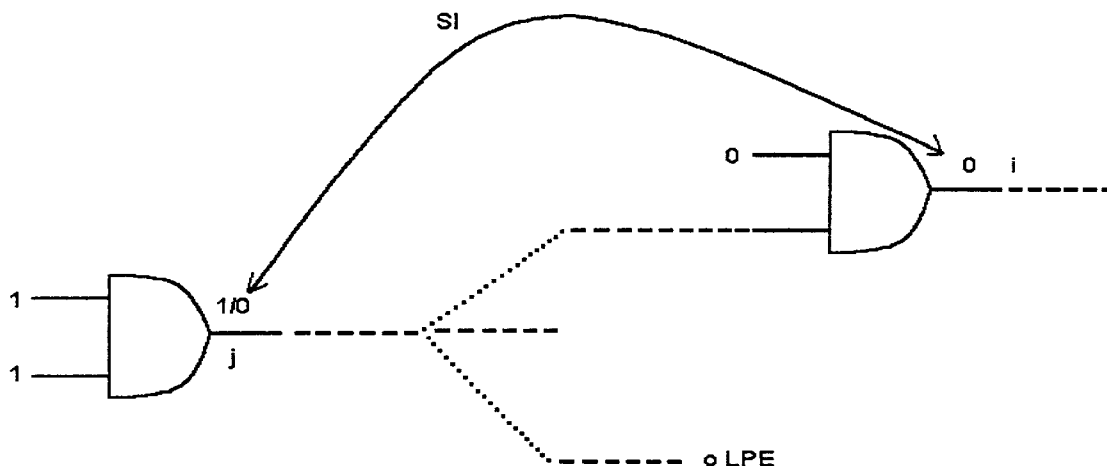


Figura 10.3 Ilustrarea condițiilor teoremei 10.3

Figura 10.9

Corolarul 10.3 Fie un DSCR ce induce un $\text{ȘI}(i,j)$, liniile i și j fiind astfel încât toate căile dintre acestea au un număr par de inversiuni. Un test T ce detectează i b-l-0 și pune (poziționează) linia $j=0$ sau detectează linia j b-l-0 și pune $i=0$ detectează și poarta cablată $\text{ȘI}(i,j)$.

Demonstratie:

Prima condiție este acoperită prin teorema 10.2. Să analizăm a doua condiție, anume T detectează j b-l-0 și poziționează $i=0$. Vom arăta că linia i nu este senzitivizată la defectul j b-l-0, prin testul T . Să presupunem contrariul. Atunci, deoarece orice cale dintre i și j are un număr par de inversiuni, testul T va propaga pe linia i un D, deci linia i va fi poziționată la 1 ceea ce contrazice ipoteza.

În consecință i nu se găsește pe nici o cale senzitivizată de T și atunci acest caz este acoperit de teorema 10.3 și de aceea detectează un $\text{ȘI}(i,j)$ cablat.

Toate rezultatele precedente au enunțat numai condiții suficiente pentru detecția unui DSCR printr-un singur test. Dar un DSCR poate fi de asemenea detectat printr-o secvență de

teste din care niciunul nu satisface individual vreuna din condițiile anterioare. Exemplul următor arată un astfel de caz.

Exemplul 10.1

Să considerăm circuitul din figura 10.10 cu DSCR inducând un circuit ȘI între liniile x_1 și z . Testele $T_1 = 1010$ și $T_2 = 1110$ nu satisfac condițiile corolarului 10.3; unica legătură dintre x_1 și z are o inversiune pară, dar secvența $T = \{T_1, T_2\}$ detectează DSCR ce induce ȘI(x_1, z) deoarece valoarea 0 a lui z din T_1 domină valoarea 1 aplicată intrării x_1 în T_2 și eroarea rezultată se propagă la z .

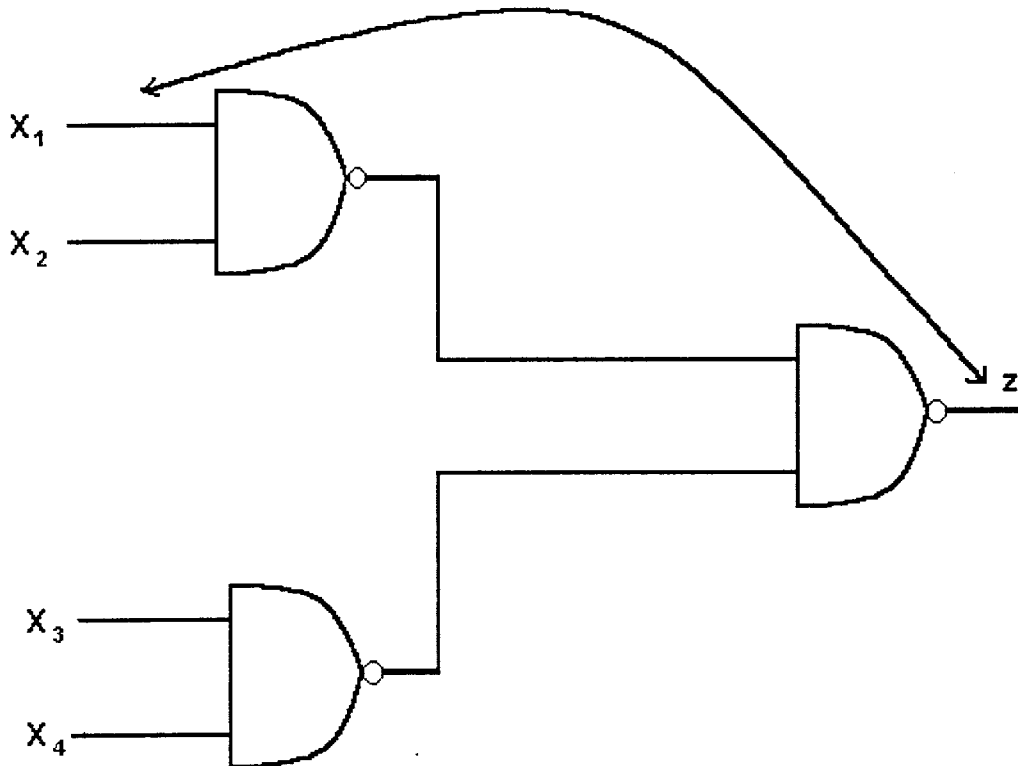


Figura 10.10

Corolarul 10.4 Fie un DSCR ce induce un ȘI(j, i) astfel încât orice cale dintre j și o ieșire primară trece prin i . Un test T detectează ȘI(j, i) dacă și numai dacă detectează linia i b-l-0 și poziționează $j = 0$.

Demonstrație. Suficiența rezultă din teorema 10.2. Pentru a demonstra necesitatea vom arăta că dacă T nu detectează linia i b-l-0 sau nu poziționează linia $j = 0$ atunci nu detectează ȘI(i, j).

Cazul I: Să presupunem că T nu detectează linia i b-l-0. Deoarece orice cale ce leagă linia j de o LPE (ieșire primară) trece prin linia i , o eroare generată prin $\text{ȘI}(i,j)$ se poate propaga numai din i . Atunci T trebuie să detecteze linia i b-l-1. Deci T poziționează linia $i = 0$.

Deoarece 0 este o valoare de control pentru ȘI , în prezența DSCR ce induce $\text{ȘI}(j,i)$ linia i are valoarea 0 sau oscilează. Dacă linia i oscilează nu se generează nici o eroare definită.

Cazul II: Să presupunem că testul T detectează linia i b-l-0 dar pune linia $j = 1$. Iarăși nu se generează nici o eroare în i . Deci, în orice caz testul T nu detectează $\text{ȘI}(j,i)$.

Corolarul 10.5 Fie un DSCR ce induce un $\text{ȘI}(j,i)$ unde între liniile din circuitul normal, are loc relația: $i = 1$ ori de câte ori $j = 0$. Un test T detectează $\text{ȘI}(j,i)$ dacă și numai dacă detectează linia i b-l-0 și poziționează $j = 0$.

Demonstrație. Suficiența rezultă din teorema 10.2. Pentru demonstrarea necesității trebuie considerate două cazuri:

Cazul I: Să presupunem că testul T poziționează linia $j = 1$. Dacă T poziționează linia $i = 1$ atunci nu se generează nici o eroare. Dacă T poziționează linia $i = 0$ aceasta ar conduce în circuitul cu DSCR la $j = 0$; dar în circuitul normal $j = 0$ implică $i = 1$ și această proprietate se păstrează (rămâne validă) chiar și în prezența circuitului ȘI indus. Deci bucla creată de circuitul indus $\text{ȘI}(j,i)$ oscilează și nu se generează nici o eroare. În consecință testul T nu poziționează $j = 1$ dacă detectează $\text{ȘI}(i,j)$.

Cazul II: Să presupunem că T poziționează (aduce linia) $j = 0$ dar nu detectează linia i b-l-0. Prin ipoteză $j = 0$ implică $i = 1$. Aceasta înseamnă că T activează i b-l-0 dar nu propagă consecința acestui defect la vreo LPE și atunci, în mod similar, eroarea generată de $\text{ȘI}(i,j)$ apare numai pe linia i dar nu este propagată la o LPE.

Deci în ambele cazuri T nu detectează $\text{ȘI}(i,j)$.

Corolarul 10.6 Un test compus dintr-un singur vector nu poate detecta un DSCR ce induce un $\text{ȘI}(i,j)$ astfel încât orice cale dintre linia j și o ieșire primară trece prin i , iar $i = 0$.

Spre exemplu dacă j este o intrare a unei porți ȘI a cărei ieșire este i și j nu are ramificații atunci $\text{ȘI}(j,i)$ nu este detectabil printr-un test singular.

10.4 SIMULAREA DSC.

În această secțiune vom discuta simularea DSC. Este posibil să explicăm simularea DSC printr-un proces similar simulării DBS, bazat pe determinarea timpului când DSC sunt activate și propagarea efectelor (consecințelor) defectelor. Această apropiere (similitudine), totuși, nu poate face mai ușoară simularea circuitelor mari pentru că:

- Un DSC este, din punct de vedere structural și funcțional, mai mare (complex) decât un DBS;

- Numărul de DSC realizabile este mai mare decât al DBS-urilor.

Astfel simularea explicită a DSC va fi mult mai costisitoare decât cea a simulării DBS. În continuare vom prezenta o metodă de simulare implicită a DSC în circuitele combinaționale. Această metodă folosește relațiile dintre detecția DBS și cea pentru detecția DSC pentru a determina DSC-ul detectat de un set de teste, fără simularea explicită a DSC. Acest lucru este făcut monitorizând apariția acestor relații pe timpul simulării DBS.

Cât timp analizăm detecția DSC de către teste singulare, metoda este aproximativă, în sensul că acestea nu vor fi recunoscute ca detectate, respectiv acele DSC detectate doar de secvențele de test. De aceea calculul acoperirii defectelor poate fi pesimist; aceasta este, actuala acoperire a defectelor poate fi mai bună decât cea calculată.

Să presupunem că tabela de adevăr (informații) este disponibilă pentru fiecare linie de semnal x (linii de intrare și/sau linii de ieșire ale porții), cunoaștem vecinii ei N_x constituiți din toate liniile pe care aceasta le poate scurtcircuita. Vom considera doar DSC ce induc circuite ȘI. De notat că pentru fiecare DSC (x,y) avem și $x \in N_y$ și $y \in N_x$.

Toate rezultatele din secțiunea precedentă asignează (pun în relație cu) detecției DSC ce induc circuite ȘI detecția defectelor b-l-0. Dacă un test detectează x b-l-0 detectează și DSC (x,y), spunem că (x,y) este detectat bazat pe x . Pentru a simplifica simularea DSC, construim o listă de vecini N_x' restrânsă, obținută prin ștergerea din N_x a toate liniile y , astfel încât (x,y) este nedetectabil sau nedetectabil bazat pe x . Dacă x și y sunt intrări ale aceleiași porți ȘI sau ȘINU neavând alte ramificații, atunci (x,y) este nedetectabil și vom înlocui y din N_x (și x din N_y). Același lucru este valabil dacă x și y satisfac condițiile corolarului 10.6. Dacă (x,y) este un DSCR cu y în linia primară , și condițiile corolarelor 10.4 și 10.5 aplicate, atunci (x,y) poate fi detectat doar bazându-ne pe y , și vom înlocui pe y din N_x .

Apoi partiționăm liniile rămase în N'_x în două seturi, M_x și M_x^* . Setul M_x^* conține toate liniile care sunt succesoare ale liniei x , încât cel puțin o cale între x și y să aibă inversiunea impară, și M_x să conțină toate celelalte linii din N'_x . Rațiunea pentru această partiționare este

aceea că dacă $y \in M_x$, detecția x b-l-0 când $y = 0$ este suficientă pentru a detecta (x,y) . Dar dacă $y \in M_x^*$, atunci (x,y) este un potențial oscilant DSCR, care este detectat bazat pe x doar dacă efectul x b-l-0 nu se propagă la y .

Procesul cere pe timpul simulării DBS să determinăm dacă DSC-urile detectate pot fi sumate ca în continuare. După simulare fiecare test t , analizează fiecare defect x b-l-0 detectat. Pentru fiecare linie $y \in M_x$ cu valoarea 0, marchează (x,y) ca detectat. Pentru fiecare linie $y \in M_x^*$ cu valoarea 0, marchează (x,y) ca detectat dacă efectul x b-l-0 nu se propagă la y .

Determinarea dacă efectul lui x b-l-0 se propagă la y depinde de metoda folosită în simularea DBS. În simularea deductivă putem simplifica căutarea, indiferent dacă x b-l-0 apare în lista lui y . În simularea concurentă va trebui deasemenea să căutăm indiferent dacă valorile lui y în circuitul bun și cea în care are loc x b-l-0 sunt diferite. În căutarea căii critice trebuie să determinăm dacă x este găsit de backtracking-ul făcut căii critice din y .

Un DSC (x,y) poate fi descărcat (lăsat deoparte) imediat ce este detectat. Aceasta înseamnă înlocuirea lui y din M_x sau M_x^* și înlocuirea lui x din M_y^* sau M_x . Un defect x b-l-0, în orice caz, ar trebui reținut până când toate DSC-urile care sunt detectabile bazate pe x sunt detectate adică atunci când M_x și M_x^* devin goale. Dacă DBS-ul echivalent este colapsat, ori de câte ori un DBS este detectat, toate defectele echivalente b-l-0 trebuie căutate. Un DBS trebuie să fie descărcat (lăsat deoparte) doar după ce toate DSC-urile a căror detecție poate fi bazată pe echivalentul lui b-l-0 au fost detectate.

Descărcarea defectelor (lăsarea deoparte) înainte de prima detecție crește costul algoritmilor de simulare a defectelor explicite, cum ar fi cele deductive și cele concurente. Așadar, cea mai potrivită tehnică de simulare a DBS folosită pentru DSC-urile detectate este căutarea căii critice, care este o metodă implicită de simulare a defectelor, care nu trebuie să descaree sau să colapseze defectele. Deși căutările adiționale pentru propagarea efectului defectelor este mai costisitoare în cazul căutării căii critice, în metodele de simulare explicită, rezultatele experimentale prezentate arată că, în practică, aceste căutări nu sunt necesare, pentru că multe din potențialele DSCR-uri oscilante sunt detectate pe baza liniilor din față.

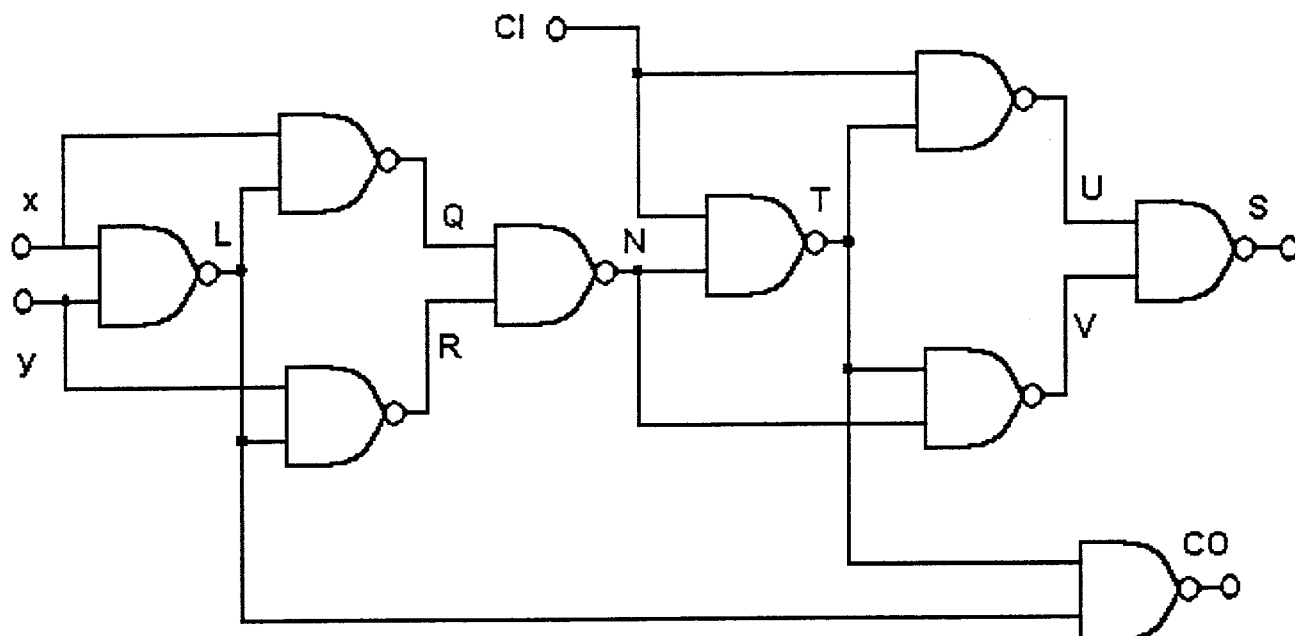


Figura 10.11

Exemplul 10.2

Considerăm schema din figura 10.11. Rândurile și coloanele tabelului din figura 7.12(a) arată setările M și M^* a fiecărei linii cu presupunerea că oricare două linii sunt vecine. Este cel mai nerealistic și mai defavorabil caz cu puțință, dar are meritul că nu seamănă cu nici un caz particular. Vecinii din M sunt notați cu " • " și cei din M^* cu " * ". De exemplu, $M_R = \{ X, Y, CI, L, T \}$ și $M^*_R = \{ U, V, S, C, O \}$. De notat că N nu apare în M^*_R pentru că toate căile dintre R și PO trec prin N . Oricum $R \in M_N$. Similar, Q nu este inclus în M_R pentru că $(Q.R)$ este clar nedetectabil, și Q, R, T, V , și CO nu apar în M^*_L pentru că sunt setate pe 1 când $L = 0$. Figura 10.12(b) arată testele aplicate (care detectează toate DBS) și valorile în circuitul liber de defecte.

Detecția DSC este arătată în figura 10.12(c). Numărul i din rândul x și coloana y arată că DBS-urile x b-l-0 și $DSC(x,y)$ sunt detectate de testul t_i . Un " × " indică faptul că (x,y) este detectat bazat pe y (acest test este găsit în rândul y și coloana x). De exemplu, t_1 detectează L b-l-0. Cât timp X, Y, CI și N au valoarea 0 în t_1 scriem 1 în intrarea corespunzătoare. Cât timp S are valoarea 0 și efectul lui L b-l-0 nu atinge pe S , scriem deasemenea 1 în intrarea pentru $(L.S)$. Vom pune deasemenea " × " în intrările pentru $(CI.L)$, $(N.L)$ și $(S.L)$.

	X	Y	CI	L	Q	R	N	T	U	V	S	CO
X		•	•			•	*	*	*	*	*	*
Y	•		•		•		*	*	*	*	*	*
CI	•	•		•	•	•	•			•	*	•
L	•	•	•				•		•		*	
Q	•	•	•	•				•	*	*	*	*
R	•	•	•	•				•	*	*	*	*
N	•	•	•	•	•	•			•		*	•
T	•	•	•	•	•	•	•				•	
U	•	•	•	•	•	•	•	•				•
V	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•
S	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
CO	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	

(a)

	X	Y	CI	L	Q	R	N	T	U	V	S	CO
t ₁	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
t ₂	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
t ₃	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1
t ₄	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1
t ₅	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1

(b)

	X	Y	CI	L	Q	R	N	T	U	V	S	CO
X	-	2	2	-	-	x	x	x	x	x		2
Y	x	-	4	-	x	-	x	x	x	x	x	
CI	x	x	-	x	x	x	x	-	-	x	x	x
L	1	1	1	-	-	-	1	-	x	-	1	-
Q	1	1	1	4	-	-	-	x			x	1
R	1	1	1	4	-	-	-		x	x		2
N	3	2	2	x	2	3	-	-	x	-	x	2
T	1	1	1	5	2		1	-	-	-	1	-
U	1	1	1	4		3	1	3	-	-	-	1
V	1	1	1	4		3	1	3	-	-	-	1
S		2	2	x	2		5	x	5	2	-	2
CO	x		4	4	x	x	x	3	x	x	x	-

(c)

În acest exemplu 91 % (58 din 64) din DSC-urile considerate sunt detectate de teste singulare. Acoperirea defectelor este mare, pentru că două din șase DSC-uri declarate ca nedetectabile - (X.S) și (Y.CO) - sunt de fapt detectate, de secvențele ($t_1.t_2$) și ($t_2.t_3$).

10.5 CONCLUZII ASUPRA GT PENTRU DSC.

Generarea testelor (GT) pentru DSC este mult îngreunată deoarece:

- un DSC este structural și funcțional mult mai complex decât un blocaj (simplu sau chiar multiplu);
- numărul tuturor defectelor posibile DSC este mult mai mare decât cel al blocajelor.

Relațiile stabilite anterior permit extinderea utilizării GT pentru DBS și asupra testării unor DSC.

Adesea atunci când se generează un test pentru un DBS există LPI a căror valoare nu este specificată. Se poate folosi această libertate alegând pentru aceste linii valori ce contribuie la detecția DSC. Spre exemplu pentru defect w b-l-0 detectat de un vector parțial specificat al intrărilor se poate încerca găsirea liniilor u cu valoare nespecificată care scurtcircuitate cu w induc un circuit ȘI fără efecte reactive; justificarea $u = 0$ în condițiile testului menționat conduce la calculul unui vector de test ce în afara defectului linia w b-l-0 detectează și scurtcircuitul ȘI(u.w).

Rezultatele experimentale ce au implicat simularea până la 0.5 milioane DSC au arătat că:

1. Testele cu o mare acoperire a DBS (aproximativ 95 de procente) au detectat în medie 83% din toate DSC. Se apreciază că acoperirea DSC ar putea fi chiar mai mare.

2. Chiar dacă pentru majoritatea circuitelor testele cu acoperire mare a DBS s-a atins o bună acoperire a DSC acest lucru nu a fost întotdeauna adevărat. Spre exemplu un set de teste cu acoperire 98% a DBS a obținut o acoperire de numai 51% a DSC.

10.6 GENERAREA TESTELOR PENTRU DSC

Relațiile stabilite în secțiunea 10.2 și 10.3 pot fi folosite în continuare pentru a extinde algoritmi de generare a testelor pentru DBS, deci aceștia vor genera teste pentru DSC la fel de bine.

Deseori când generăm un test pentru DBS, sunt linii ale căror valori nu sunt constânse. Putem trage avantaje din această libertate, setând valorile care contribuie la detecția DSC, și anume, pentru fiecare defect x b-l-0 detectat de testul specificat parțial, putem încerca să găsim linii $y \in M_x$ așa încât (x,y) rămâne în continuare nedetectat și valoarea lui y nespecificată. Atunci justificarea $y = 0$ crează condițiile pentru detectarea (x,y) .

După ce generarea testelor pentru DBS-uri este completă, mai putem avea DSC-uri nedetectate. Fie (x,y) unul din aceste DSC-uri. Dacă $y \in M_x$, vom încerca să obținem un test pentru x b-l-0 cu constrângerea $y = 0$. (Acest lucru, desigur, se va întâmpla dacă x b-l-0 a fost detectat pe timpul generării testului pentru DBS). Similar dacă $y \in M_y$, încercăm să un test care detectează y b-l-0 și setează $x = 0$. Aceste tipuri de operații cer schimbări minore în generarea testelor pentru DBS.

Când $y \in M^*_y$, DSCR(x,y) potențial oscilant poate fi detectat încercând să generăm un test pentru x b-l-0, setând $y = 0$, cu o restricție, și anume că efectul defectului x b-l-0 nu trebuie să se propage la y . Oricum, pentru că multe DSCR potențial oscilante pot fi detectate bazându-ne pe liniile dinainte, putem închide cazul $y \in M^*_y$ fără alte pierderi semnificative de acoperire a defectelor.

Exemplul 10.3

Să continuăm exemplul 10.2 generând un test pentru (Q,U) , care este unul din DSC-urile nedetectate de testele analizate. Cât timp $Q \in M_U$, vom încerca să generăm un test pentru U b-l-0 în timp ce $Q = 0$. Soluția unică la această problemă este testul $(X, Y, CI) = 101$, care deasemenea detectează Dsc-urile nedetectate dinainte (Q,V) și (Y, CO) .

CONCLUZII ȘI REMARCI.

Așa cum am arătat de la bun început DSC sunt defecte nemodelabile prin blocaje deoarece aceste defecte în general nu sunt echivalente blocajelor. Folosind mai ales relația de dominanță dintre cele două defecte (în locul relației de echivalență) procesarea celor două tipuri (modele) de defecte poate fi combinată și DSC se pot trata cu un efort adițional mic celui cerut de testarea DBS.