



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



Platformă de e-learning și curriculă e-content pentru învățământul superior tehnic

Testarea Sistemelor

5. Echivalența defectelor și localizarea lor

ECHIVALENȚA DEFECTELOR ȘI LOCALIZAREA LOR

Volumul defectelor blocaj simple dintr-un circuit, combinațional ori secvențial, cu m linii este 2^m . Marea majoritate a circuitelor integrate actuale au foarte multe linii interne, ajungând de ordinul zecilor de mii și chiar mai multe. Prin găsirea defectelor echivalente volumul defectelor poate să scadă semnificativ.

Din rațiuni tehnologice cunoașterea localizării defectelor constituie un instrument important pentru soluționarea defectelor, contribuind la soluții care pot constitui rezolvări ale multor dificultăți care se pot întinde de la bibliotecile de porți și până la măștile circuitelor integrate.

1 Circuitele combinaționale

Definiția 1: Două defecte f și g se numesc *funcțional echivalente* dacă și numai dacă $Z_f(x) = Z_g(x)$.

Un test t se spune că *distinge* între două defecte dacă $Z_f(t) \neq Z_g(t)$. Astfel de defecte se numesc *distinctibile*. Între două defecte funcțional echivalente, f și g , nu există nici un test care să poată distinge un defect de celălalt. Relația de funcțional echivalență împarte setul tuturor defectelor posibile în *clase de funcțional echivalență*. Pentru analiza defectelor este suficient să se considere numai un defect reprezentativ din fiecare clasă de echivalență.

Pentru circuitele combinaționale cu ieșire unică, un test care distinge între defectele f și g are proprietatea că face $Z_f(t) = 0$ și $Z_g(t) = 1$ sau vice versa.

Astfel, setul tuturor testelor care disting defectul f de defectul g este dat de soluția ecuației:

$$Z_f(x) \oplus Z_g(x) = 1.$$

De remarcat faptul că defectele f și g din definiția 1 nu aparțin, în mod necesar, aceluiași univers de defecte. Spre exemplu, în circuitul din figura 1 defectul punte de tip ȘI dintre liniile x și y este funcțional echivalent defectului blocaj multiplu $\{q \text{ } b-l-0, q' \text{ } b-l-0\}$. În general, totuși, analiza relațiilor de echivalență, se va limita, doar la defecte de același tip.

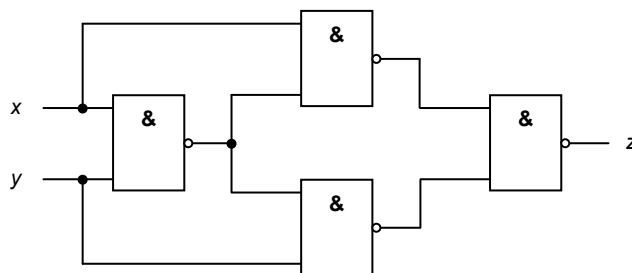


Figura 1.

Se pot asocia, în general, oricărei porți cu n intrări $2(n+1)$ defecte blocaj singulare. Pentru o poartă ȘINU toate defectele blocaje la zero ($b-l-0$) ale liniilor de intrare și defectul blocaj la 1 ($b-l-1$) al liniei de ieșire sunt echivalente.

În general, pentru o poartă cu valoarea de control c și inversiunea i , orice defect al unei linii de intrare $b-l-c$ este funcțional echivalent cu defectul blocaj al liniei de ieșire de forma $b-l-(c\oplus i)$.

Din acest motiv, pentru o poartă cu n linii de intrare ($n > 1$) este necesar să se considere doar $n + 2$ defecte blocaj singulare. Acest tip de reducere a mulțimii (setului) de defecte ce trebuiesc analizate poartă denumirea *colapsarea defectelor funcțional echivalente*.

Un exemplu simplu, aplicat unei porți elementare, este prezentat în figura 2, unde un punct negru (alb) semnifică un defect $b-l-1$ (respectiv $b-l-0$).

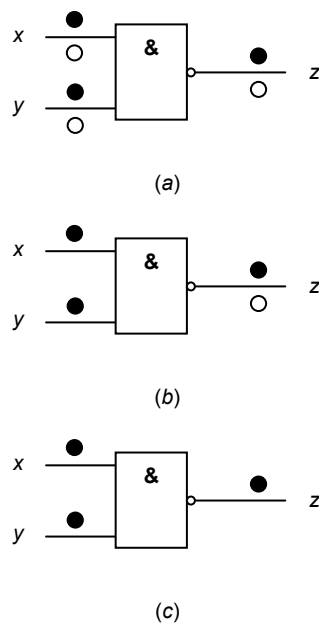


Figura 2.
 (a) poarta ȘINU cu mulțimea defectelor necolapsată.
 (b) Colapsarea defectelor prin echivalență.
 (c) Colapsarea defectelor prin dominanță.

Dacă suplimentar detecției defectelor, scopul testării este deasemenea și *localizarea defectelor*, atunci avem nevoie să se aplice un test care nu numai că detectează un defect dar și distinge între defecte atât cât este posibil. Un *set complet de teste de localizare* distinge între oricare pereche de defecte *distinctibile* din circuit.

Este convenabil, din punctul de vedere al expunerii, să se considere că un circuit fără defecte conține *defectul vid* notat prin \emptyset . Atunci $Z_{\emptyset}(x) = Z(x)$. Acest artificiu facilitează aprecierea relațiilor dintre localizarea defectelor, pe de-o parte, și detecția defectelor, pe de-altă parte. Anume, detecția defectelor este doar un caz particular al localizării defectelor, deoarece un test care detectează un defect d , se poate spune că distinge între defectele d și \emptyset . Se poate spune că defectele nedetectabile, ale unui

circuit, sunt în aceeași clasă de echivalență cu \emptyset . În consecință, *un set complet de teste de localizare trebuie să includă un set complet de teste de detecție*.

Prezența defectelor nedetectabile poate invalida un set complet de teste de localizare. Dacă c și d sunt defecte distinctibile, atunci acestea pot deveni funcțional echivalente în prezența unui defect nedetectabil.

Un set complet de teste de localizare poate diagnostica un defect până la nivelul clasei de echivalență funcțională.

Aceasta desemnează rezoluția maximă care poate fi atinsă în testarea la nivelul bornelor, sau pinilor terminali, ai circuitelor.

În practică, circuitele mari sunt testate cu seturi de teste care nu sunt, totuși, complete. O alta relație de echivalență poate fi folosită pentru caracterizarea rezoluției atinse de un set arbitrar de teste.

Definiția 2: Două defecte c și d sunt *funcțional echivalente sub setul de teste T* dacă și numai dacă $Z_c(t) = Z_d(t)$ pentru orice vector de test $t \in T$.

Echivalența funcțională a două defecte c și d , implică echivalența lor în raport cu orice set de teste, însă echivalența lor în raport cu un set anumit de teste, dar precizat, nu implică funcțional echivalența lor.

2 Circuitele secvențiale

Circuitele secvențiale dețin proprietăți care impun o abordare complementară circuitelor combinaționale.

Definiția 3: Două defecte c și d se spune că sunt *echivalente funcțional tare* dacă și numai dacă circuitele corespunzătoare N_c și N_d au tabelele de stări echivalente.

Asemenea conceptului de detecție tare, echivalența tare nu poate fi folosită în practică. Definiția funcțional echivalenței se bazează pe răspunsul circuitelor N_c și N_d la o secvență de test T .

Se presupune același tip de experiment de testare precum cel discutat pentru detecție; și anume, T conține întâi o secvență de inițializare care aduce N_c și N_d în stările q_{1c} și respectiv, q_{1d} .

Răspunsurile la ieșire nu sunt monitorizate pe durata aplicării secvenței T_1 deoarece acestea nu sunt predictibile. Fie T' secvența aplicată după T_1 .

Definiția 4: Două defecte c și d se spune că sunt *funcțional echivalente* dacă și numai dacă $R_c(q_{1c}, T') = R_d(q_{1d}, T')$ pentru orice secvență T' .

Se poate remarca faptul că definiția 4 nu se aplică defectelor care împiedică inițializarea.

Similar, echivalența funcțională pentru o secvență de test $T = \{T_1, T'\}$ înseamnă că $R_c(q_{1c}, T) = R_d(q_{1d}, T)$.