UNIUNEA EUROPEANĂ

GUVERNUL ROMÂNIEI

Instrumente Structurale
2007-2013

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

Testarea Sistemelor

10. Simularea defectelor din circuitele combinaţionale

SIMULAREA DEFECTELOR, EŞANTIONAREA ŞI ANALIZA STATISTICĂ A DEFECTELOR

Eşantionarea defectelor

Cerinţele de calcul (timpul de rulare şi volumul necesitat de memorie) cerute de metodele generale de simulare a defectelor cresc cu numărul de defecte simulate.
Se notează prin M numărul de defecte blocaje simple colapsate dintr-un circuit considerat şi prin K numărul de defecte detectate printr-o secvenţă de teste T.
Cu acestea se defineşte acoperirea defectelor, notată prin F, ca fiind $F = K/M$. Eşantionarea defectelor este o tehnică de reducere a costului simulării defectelor prin simularea a doar unui eşantion, aleatoriu desemnat, de defecte cuprinzând doar m defecte, unde $m < M$.

Se notează prin k numărul de defecte detectat prin secvenţa de teste T atunci când se simulează m defecte.

Există un compromis evident între costurile simulării defectelor şi precizia estimării acoperii defectelor, $f = k / m$.
Acest compromis este controlat prin mărimea m a eşantionului.
Dificultatea constă în determinarea mărimii m a eşantionului astfel încât să dobândim un anumit grad c al încrederii asupra erorii cu care se determină acoperirea defectelor. Această eroare fiind considerată limitată superior la o anumită valoare $e_{\max}$.

Cu alte cuvinte se doreşte determinarea valorii m, mărimea eşantionului de defecte, astfel încât acoperirea f a defectelor să fie cuprinsă în intervalul $[F - e_{\max}, F + e_{\max}]$ cu o probabilitate c.
Deoarece cele m defecte din eşantion sunt alese aleatoriu aceasta face posibilă considerarea numărului de defecte detectate k ca fiind o variabilă aleatoare. Probabilitatea ca setul de teste T să detecteze k defecte dintr-o mulţime aleatoare de mărime m, dat fiind faptul că detectează K defecte din tot setul de M defecte este:

$$P_k(m, M, K) = \frac{C_K^k C_{M-K}^{m-k}}{C_M^m}$$

Acestei probabilităţi îi corespunde o distribuţie hipergeometrică cu media:

$$\mu_k = m\frac{K}{M} = mF ,$$

şi dispersia (variaţia):

$$\sigma_k^2 = m\frac{K}{M}(1 - \tfrac{K}{M})\frac{M - m}{M - 1} \simeq mF(1 - F)(1 - m / M) .$$

Pentru valori mari ale parametrului M această distribuţie poate fi aproximată printr-o distribuţie normală cu media μ_k şi dispersia σ_k.

În consecinţă, estimarea acoperirii defectelor *f*, poate fi considerată ca fiind o variabilă aleatoare cu distribuţie normală şi media:

$$\mu_f = \mu_k / m = F \ .$$

Având dispersia:

$$\sigma_f^2 = \sigma_k^2 / m^2 = \frac{1}{m} F(1-F)(1-m/M).$$

Cu un nivel al încrederii având valoarea 99,7%, spre exemplu, se poate afirma că acoperirea defectelor *f* va aparţine intervalului:

$$[F - 3\sigma_f, F + 3\sigma_f].$$

Prin urmare este aproape sigur că eroarea de estimare este limitată prin $3\sigma_f$, ceea ce revine la o eroare maximă e_{max} de forma:

$$e_{\max} = 3^{\sqrt{F(1-F)(1-m/M)\bullet 1/m}} \ .$$

Pentru reducerea semnificativă a costului unei simulări a defectelor mărimea *m* a eşantionului ar trebui să fie mult mai mică decât numărul total de defecte *M*.
Atunci când $m << M$, se poate aproxima $(1 - m/M) \approx 1$.

Atunci eroarea devine independentă de numărul total de defecte *M*.
Prin această analiză se poate arăta că un eşantion având mărimea 1000 asigură o eroare estimată mai mică decât 0,05.

Analiza statistică a defectelor

Deoarece simularea exactă a defectelor este un proces de calcul costisitor, tehnicile de simulare a defectelor s-au dezvoltat având drept scop un compromis între o oarecare pierdere de precizie a rezultatelor în schimbul unei substanţiale reduceri a costurilor de calcul.
Principiile care vor fi considerate în continuare sunt aparţin lui Jain şi Agrawal, fiind publicate în 1985 sub denumirea STAFAN (acronim al *Sta*tistical *F*ault *An*alysis).

Ca mai toate simulatoarele de defecte convenţionale, STAFAN cuprinde o simulare a circuitului *N* fără defecte pentru o secvenţă de teste *T*.
STAFAN procesează rezultatele simulării fără defecte pentru ca să estimeze pentru fiecare defect blocaj simplu considerat probabilitatea acestuia să fie detectat prin *T*.
Acoperirea globală este apoi estimată în baza probabilităţilor defectelor individuale ale fiecărui defect.

Se presupune că *N* este un circuit combinaţional. STAFAN abordează *T* ca fiind o mulţime de *n* vectori aleatori independenţi. Se notează prin d_j probabilitatea ca un vector ales aleatoriu din *T* să detecteze defectul *f*.

Deoarece vectorii de test sunt presupuşi independenţi, probabilitatea non-detecţiei defectului f prin n vectori este de forma:

$$(1 - d_f)^n.$$

Atunci, probabilitatea d_f^n ca un set de n vectori de test să detecteze defectul f este de forma:

$$d_f^n = 1-(1-d_f)^n.$$

Se notează prin Φ mulţimea defectelor de interes.
Numărul mediu de defecte detectat prin n vectori de test este:

$$D_n = \sum_{f \in \Phi} d_f^n,$$

Iar acoperirea medie corespunzătoare a defectelor este de forma:

$$D_n / |\Phi|,$$

(care este de asemenea şi probabilitatea medie de detecţie).

Baza consideraţiilor anterioare este formată din probabilităţile de detecţie d_f, ale fiecărui defect f.

Pentru detectarea defectului f, un vector de test trebuie să activeze defectul $f = b\text{-}l\text{-}v$ prin atribuirea valorii v' liniei l (pe care este situat defectul f) şi să propage efectul provocat de defect la una dintre liniile primare de ieşire.

STAFAN procesează rezultatele simulării circuitului fără defecte pentru ca să estimeze separat probabilitatea activării defectului f şi probabilitatea propagării efectului prezenţei defectului în circuit de la linia l la o linie primară de ieşire.

În STAFAN se utilizează presupunerea simplificatoare că activarea defectului şi propagarea efectului acestuia, sunt evenimente independente.