

Предложенные методы анализа алгоритмов способствуют улучшению существующих методов анализа программного обеспечения, таких как символьное исполнение и использование помеченных данных [3], но не позволяют провести полноценный анализ сложных программных выражений, например анализ вычисления однонаправленных функций. Дальнейшая работа будет направлена на исследование потока данных в сложных циклических конструкциях и на формальное доказательство возможности или невозможности исполнения определенной ветви кода программы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ахо А. В., Моника С., Джеффри Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий. 2-е изд. Пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008.
2. King J. C. Symbolic Execution and Program Testing // Communications of the ACM. 1976. V. 19. № 7. P. 385–394
3. Moser A., Kruegel C., Kirda E. Exploring Multiple Execution Paths for Malware Analysis // IEEE Symposium on Security and Privacy May 2007. P. 231–245

В. М. Барбашов, А. В. Зубаков, В. Г. Иваненко, Н. С. Трушкин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ И НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАДИАЦИИ

Создание сложных систем на основе больших интегральных схем (БИС), устойчивых к воздействию радиационных дестабилизирующих факторов, на сегодняшний день невозможно без активного использования логического моделирования, обеспечивающего необходимую адекватность описания и точность расчетов. Анализ радиационного поведения БИС показывает, что при нарушении работоспособности как по функциональным, так и по электрическим параметрам в ряде случаев характерен значительный статистический разброс пороговых уровней отказа для однотипных образцов. При этом реальный характер радиационного поведения сложной электронной системы определяется конкретным соотношением радиационно-чувствительных параметров ее элементов и учетом влияния их статистического разброса. Соотношение между функцией распределения плотности вероятности разброса и критериальной функцией принадлежности (КФП) определяет, в конечном итоге, целесообразность использования функционально-логических моделей радиационного поведения БИС применительно к каждому конкретному случаю [1]. Так, например, уменьшение дисперсии разброса порога отказа при облучении наблюдалось при объемных эффектах смещения в биполярных структурах, радиационная чувствительность которых определяется изменением времени жизни (рис. 1).



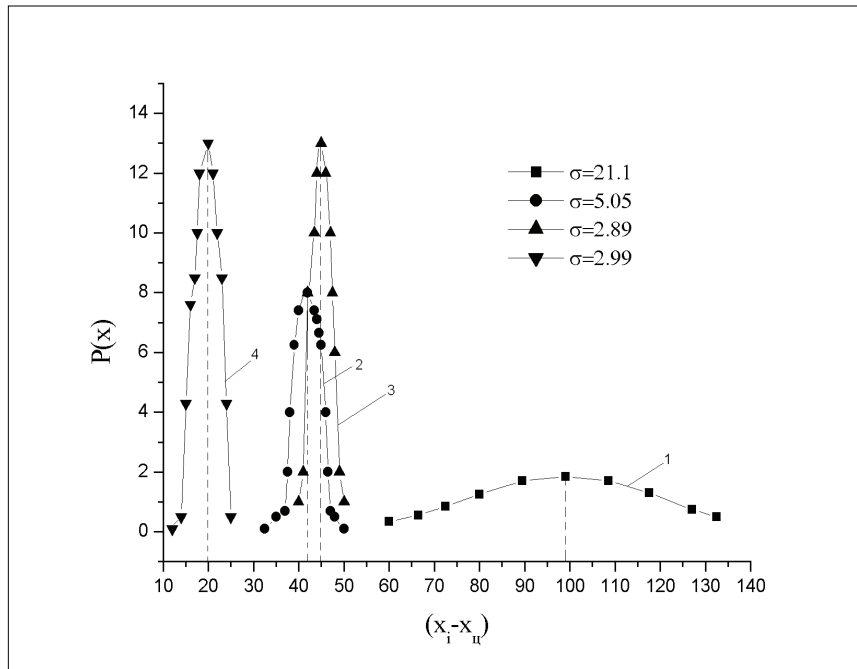


Рис. 1. Распределение усредненного по пластине статического коэффициента передачи тока базы (B_N) 30 биполярных транзисторов транзисторно-транзисторной логики с диодами Шоттки (ТТЛШ) тестовой структуры 556РГ7 между 10 пластинами одной партии при различных флюенсах электронов: 1 – $\Phi_e = 0$, 2 – $\Phi_e = 10^{14} \text{ e/cm}^2$, 3 – $\Phi_e = 5 \cdot 10^{14} \text{ e/cm}^2$, 4 – $\Phi_e = 10^{15} \text{ e/cm}^2$ ($j = 10^2 \text{ A/cm}^2$, $S_{эм} = 12\text{Ч}12 = 144 \text{ мкм}^2$, $E_e = 5 \text{ МэВ}$).

При этом в разных диапазонах уровней воздействия модель объекта может носить как нечеткий, так и вероятностный характер [2].

Соотношение между функцией распределения плотности вероятности разброса радиационно-чувствительных параметров элементов БИС и критериальной функцией принадлежности можно записать в виде:

$$\psi(\bar{D}, r) = \max \left| \int_R \mu(\bar{D}, r) f(\bar{D}, r) dr - \int_R f(\bar{D}, r) dr \right|, \text{ если } f(\bar{D}, r) \text{ доминирует;}$$

$$\psi(\bar{D}, r) = \max \left| \mu(\bar{D}, r) - \int_R \mu(\bar{D}, r) \cdot f(\bar{D}, r) dr \right|, \text{ если } \mu(\bar{D}, r) \text{ доминирует;}$$

где $\psi(\bar{D}, r)$ – функция работоспособности устройства; $\mu(\bar{D}, r)$ – КФП логического устройства в зависимости от уровня внешнего воздействия D и параметра r ; $f(\bar{D}, r)$ – зависимости функции распределения параметров логического устройства от уровня воздействия; R – область распределения параметра r , на которой значение $\mu(\bar{D}, r) \neq 0$.

В качестве примера рассмотрим этапы моделирования радиационного поведения каскадов комплементарных МОП (металл – окисел – полупроводник) (КМОП) БИС оперативно запоминающих устройств (ОЗУ) на функционально-логическом уровне описания, где использовался метод критериальных функций принадлежности в виде автомата Брауэра. Оценка стойкости БИС ОЗУ проводилась по критерию функционального отказа на основании анализа поведения отдельных блоков и элементов БИС с учетом особенностей их реализации и условий работы.



Принципиальная схема информационной ветви, состоящей из адресного формирователя (АФ), блока управления с входным каскадом (Вх.Б-БУ1) – СЕ и дешифратора по координате X (ДШХ) БИС ОЗУ, приведена на рис. 2.

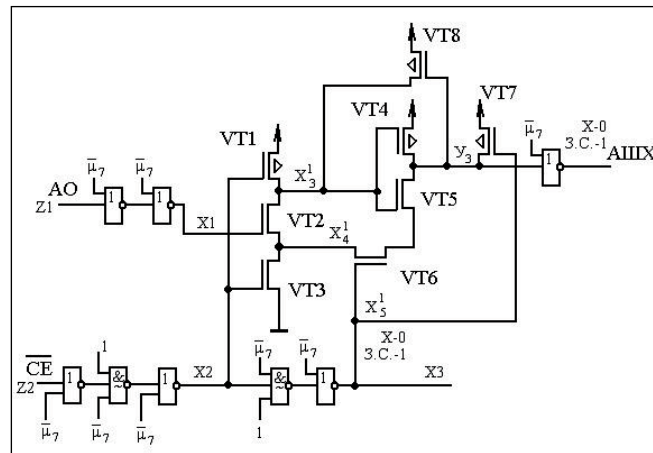


Рис. 2. Принципиальная схема информационной ветви КМОП БИС ОЗУ 1617РУ6: АФ – адресный формирователь; Вх.Б-БУ1 – блок управления с входным каскадом; ДШХ – дешифратор.

Выходные нечеткие функции Вх.Б-БУ1 каскада принимают следующий вид: режим «хранения»: $\Psi_3 = \mu_7 \bar{\mu}_7 + \mu_1 \mu_7 + \bar{\mu}_5 \mu_7$, режимы «запись» и «считывание»:

$y_3 = \mu_7$. Расчет функции работоспособности (ФР) каскада Вх.Б-БУ1 осуществляется по формуле:

$$\Psi = y \oplus y = y \cdot \bar{y} + \bar{y} \cdot y.$$

Нечеткие функции работоспособности каскада при влиянии излучения определяются дизъюнктивной суммой: режим «запись»/«считывание»: $\Psi = \bar{\mu}_7$, режим «запрет выбора» (Xp.): $\Psi = \bar{\mu}_1 \mu_5 \mu_7 + \bar{\mu}_7$ (рис. 3).

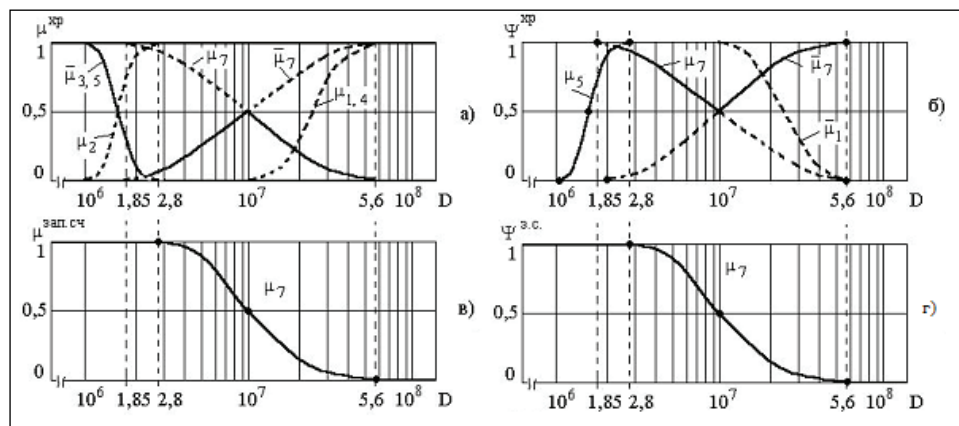


Рис. 3. Расчетные зависимости критериальной функции принадлежности (а, в), функции работоспособности (б, г) при разных режимах работы от поглощенной дозы

В заключение следует отметить, что предлагаемая процедура использования теории нечетких множеств обоснована и показывает, что она обладает универсальностью и может быть применена в моделях для прогнозирования радиационного поведения БИС.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Барбашов В. М., Трушкин Н. С. Прогнозирование безопасности микропрограммных БИС в условиях возникновения информационных сбоев // Безопасность информационных технологий. 2008. Вып. 2. С. 61–64.
2. Барбашов В. М., Трушкин Н. С. Функционально-логическое моделирование качества функционирования ИС при воздействии радиационных и электромагнитных излучений // Микроэлектроника. 2009. Т. 38. № 1. С. 34–47.

Е. А. Беляева

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ДОВЕРЕННОЙ ЗАГРУЗКИ

Расширение функциональных возможностей аппаратно-программных модулей доверенной загрузки (АПМДЗ) и создание на их основе многофункциональных аппаратно-программных средств защиты информации обуславливают необходимость проведения дополнительных исследований подобных устройств на предмет оценивания корректности и надежности реализации дополнительных функциональных возможностей АПМДЗ в свете влияния их на функциональную безопасность автоматизированной системы в защищенном исполнении (АСЗИ) в целом [1].

Применительно к заданным условиям оценивания АПМДЗ разработана методика, обеспечивающая научно обоснованную оценку функциональных возможностей АПМДЗ в сфере их влияния на защищенность обрабатываемых данных от НСД с целью выявления аппаратно-программного средства с наилучшими характеристиками.

Задача комплексного оценивания функциональных возможностей АПМДЗ рассматривается как задача получения значений частных показателей функциональных возможностей АПМДЗ и численного показателя $E(A)$ эффективности защиты от НСД, обеспечиваемой модулем А, зависящего от наборов функциональных возможностей $OF(A)$ и $DF(A)$

В качестве математического аппарата для получения оценки эффективности АПМДЗ выбран метод экспертных оценок, обладающий следующими преимуществами:

– суммарная информация об АПМДЗ, которой обладают все члены группы экспертов, не меньше информации, располагаемой каждым из них. При правильном подборе группы экспертов суммарная информация, располагаемая ею, гораздо больше информации любого из участников группы экспертов;

– ранжирование функциональных возможностей, а также ввод и применение понятия «вес экспертного мнения» позволяют компенсировать полярность экспертных мнений, что способствует получению более точной комплексной оценки функциональных возможностей АПМДЗ [2].

В качестве процедуры экспертных измерений выбран метод Черчмена – Акоффа (последовательное сравнение) [2]. Согласно методу Черчмена – Акоффа, функциональные возможности ранжируются по предпочтительности.

В результате получена формула вычисления комплексной оценки функциональных возможностей АПМДЗ:

$$E(A) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{z=1}^m \sum_{j=1}^t \psi(G_i) * k_{ij} * \varphi(FV_{ij}) * E_z}{\sum_{z=1}^m E_z},$$

