2. Bose B. Group Theoretic Signature Analysis // IEEE Trans. Comput. - Vol. 39, N11, 1990. pp. 1397-1403.
3. Demidenko S., Ivanyukovich A., Makhnist L., Piuri V. On the Binary Sequences with Indistinguishable Signature for a Given Error Multiplicity in Electronic Testing // Journal of The Institution of Engineers, Singapore, Vol. 35, No. 1 February 1995. - pp. 63-66.
4. Robinson J. P., Saxena N. R. Simultaneous Signature and Syndrome Compression // IEEE Trans. CAD. - Vol. 7, N5, 1988. - pp. 584-589.

СИГНАТУРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ С ОДИНАКОВЫМИ ГРАНИЦАМИ ДОСТОВЕРНОСТИ

Махнист Л. П.

Брестский политехнический институт

В работе производится анализ достоверности сигнатурных анализаторов, порождаемых полиномами - образующими примитивных БЧХ-кодов, исправляющих три ошибки, а также приведены сигнатурные анализаторы, имеющий такие же границы достоверности, как и некоторые сигнатурные анализаторы, порождаемые образующими полиномами примитивных БЧХ-кодов, исправляющих три ошибки. Для оценки достоверности сигнатурных анализаторов рассматривается распределение вероятности необнаружения ошибочных двоичных последовательностей в зависимости от веса k, которое определяется следующим соотношением:

$$P_n(k)=S_n(k)/C_n^k,$$

где $S_n(k)$ - количество двоичных последовательностей длины n веса k, инициирующих нулевую сигнатуру, C_n^k - число сочетаний из n по k [3]. Так как данное распределение для рассматриваемых сигнатурных анализаторов является асимптотически нормальным, то одними из главных параметров данного распределения будем считать, так называемые, верхнюю и нижнюю границу достоверности, определяемые как: max $P_n(k)$ и min $P_n(k)$.

Приведем наиболее важные утверждения о границах достоверности сигнатурного анализатора, порождаемого полиномом степени 3m - образующим примитивного БЧХ-кода, исправляющего три ошибки [1, 2].

Теорема 1. Максимальное значение вероятности необнаружения ошибочной последовательности длины $n=2^m-1$ веса k сигнатурным анализатором, порождаемым полиномом степени 3m - образующим примитивного БЧХ-кода, исправляющего три ошибки, определяется соотношением:

$$\max P_n(k)=(n^2-8n+127)/((n-2)(n-3)(n-4)(n-5)(n-6)),\ (1)$$

если m - нечетно,

$$\max P_n(k)=(n^2+8n+75)/((n-1)(n-2)(n-4)(n-5)(n-6)),\ (2)$$

если m - четно, и достигается при k=7, 8, n-8, n-7.

Приведем также и нижние границы достоверности для данных сигнатурных анализаторов.

Теорема 2. Минимальное значение вероятности необнаружения ошибочной последовательности длины $n=2^m-1$ веса k сигнатурным анализатором, порождаемым полиномом степени 3m - образующим примитивного БЧХ-кода, исправляющего три ошибки, определяется выражением:

$$\min P_n(k)=(n-31)(n^2+111)/((n-2)(n-3)(n-4)(n-5)(n-6)(n-8)),\ (3)$$

если m - нечетно,

$$\min P_n(k)=(n-15)(n^3-21n^2-141n-1015)/((n-1)(n-2)(n-4)(n-5)(n-6)(n-7)(n-8)),\ (4)$$

если m - четно, и достигается при k=9, 10, n-10, n-9.

Заметим, что если m - нечетно, то приведенные в теоремах верхняя и нижняя граница достоверности, определяемые соотношениями (1) и (3) соответственно, верны для любого $m \geq 7$. В случае m=5 максимальная граница достоверности достигается при k=11, 12, а минимальная при k=7, 8, и определяемая соотношением (1).

В случае, если m - четно, то приведенные в теоремах верхняя и нижняя граница достоверности, определяемые соотношениями (1) и (3) соответственно, верны для любого $m \geq 6$. В случае $m=4$ максимальная и минимальная граница достоверности совпадают и равны максимальному значению, определяемому соотношением (2), т. к. в этом случае вес ненулевых последовательностей, инициирующих нулевую сигнатуру, для сигнатурного анализатора может быть равным только 7 или 8.

Получить более широкий класс сигнатурных анализаторов, для которого выполняются результаты теорем, видимо является достаточно сложной задачей и может служить темой дальнейших исследований. Вместе с тем, в качестве одного из результатов в этом направлении может служить следующее утверждение.

Утверждение. Пусть M_1 - примитивный полином нечетной степени $m=2t+1$ над полем GF(2), а элемент b поля GF(2^m) - некоторый его корень [1, 2]. Построим сигнатурный анализатор, порождаемый произведением полинома M_1 и минимальных многочленов M_l и M_s элементов b^l и b^s соответственно, степени которых равны m, где $l=2^{t-1}+1$, $s=2^t+1$.

Тогда предельные оценки max $P_n(k)$ и min $P_n(k)$ вероятности необнаружения ошибочной последовательности длины $n=2^m-1$ веса k построенным сигнатурным анализатором определяется соотношениями:

$$\max P_n(k)=(n^2-8n+127)/((n-2)(n-3)(n-4)(n-5)(n-6))$$

и достигается при k=7, 8, n-8, n-7,

$$\min P_n(k)=(n-31)(n^2+111)/((n-2)(n-3)(n-4)(n-5)(n-6)(n-8)).$$

и достигается при k=9, 10, n-10, n-9.

Рассмотренный в утверждении сигнатурный анализатор имеет такие же границы достоверности как и сигнатурный анализатор, порождаемый полиномом степени 3m (m - нечетно) - образующим примитивного БЧХ-кода, исправляющего три ошибки. Если m=5, то эти два вида сигнатурных анализаторов совпадают, так как порождаются одинаковым полиномом $M_1M_3M_5$, например, когда $M_1=x^5+x^2+1$, $M_3=x^5+x^4+x^3+x^2+1$, $M_5=x^5+x^4+x^2+x+1$. Если же m=7, то сигнатурный анализатор первого вида, порождаемый полиномом $M_1M_lM_s=M_1M_5M_9$ не совпадает с сигнатурным анализатором, порождаемым полиномом $M_1M_3M_5$ - образующим примитивного БЧХ-кода, исправляющего три ошибки, но имеют одинаковые границы достоверности. Действительно, если в качестве примитивного полинома взять полином $M_1=x^7+x^3+1$, то минимальные многочлены M_3, M_5, M_9 соответствующего элемента поля $GF(2^m)$ имеют вид: $M_3=x^7+x^3+x^2+x+1$, $M_5=x^7+x^4+x^3+x^2+1$, $M_9=x^7+x^5+x^4+x^3+x^2+x+1$. Заметим, что обширные таблицы примитивных полиномов, необходимые для построения таких сигнатурных анализаторов, приведены, например в [2].

Литература

1. Мак-Вильямс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. А. Теория кодов, исправляющих ошибки: Пер. с англ. - М.: Связь, 1979. – 744 с.
2. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки: Пер. с англ. - М.: Мир, 1976. - 594 с.
3. Ярмолик В. Н. Контроль и диагностика цифровых узлов ЭВМ. - Мн.: Наука и техника, 1988. - 240 с.

ОБЗОР НОВЫХ СПОСОБОВ ТЕСТИРОВАНИЯ FPGA

Данилов М.А.

Брестский политехнический институт.

Введение

В последние годы наблюдается стремительный прорыв в области микроэлектронных устройств на основе регулярных структур, таких как Field Programmable Gate Arrays (FPGAs). В связи с этим остро стоит вопрос тестирования и диагностирования таких изделий. В данной статье содержится