УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР АДРЕСНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Бруй Р.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Леванцевич В.А. – старший преподаватель

Приведена классификация основных типов адресных последовательностей, используемых при тестировании оперативных запоминающих устройств. Рассмотрена модель универсального генератора адресных последовательностей. Разработано программное средство, позволяющее на базе модели формировать адресные последовательности с заданными свойствами

В настоящее время практически во всех вычислительных системах можно выделить две основные части: операционную и запоминающую. Среди запоминающих устройств, особое место занимают полупроводниковые оперативные запоминающие устройства (ОЗУ), главной особенностью которых является малое время доступа и возможности записи, чтения и хранения информации. Количество транзисторов в блоках памяти выше и, как следствие, выше вероятность появления неисправности, поэтому важное значение имеет разработка средств тестирования ОЗУ.

Среди различного рода тестов, используемых для тестирования памяти, наибольшее распространение получили маршевые тесты, в которых сложность теста линейно зависит от емкости тестируемого запоминающего устройства. При реализации маршевых тестов, большое значение имеет выбор порядка следования адресов (адресной последовательности) тестируемых ячеек памяти.

Выделяют три основных класса адресных последовательностей, используемых в маршевых тестах: детерминированные адресные последовательности, такие, например, как пересчетные последовательности, отраженного кода Грея, анти-Грея и др.; псевдослучайные последовательности, в которых используется последовательность неслучайных чисел, которые имеют свойства случайных последовательностей [1]. К третьему классу относят квазислучайные (ЛПτ) последовательности, в которых любой их последовательный участок распределен более равномерно по сравнению с псевдослучайными последовательностями. К ним относят последовательности Корпута, Халтона, Соболя. Каждая из перечисленных последовательностей формируется по индивидуальному алгоритму и требует для своей реализации специфического схемотехнического решения, поэтому совместная реализация таких последовательностей требует больших аппаратных затрат.

Для уменьшения аппаратных затрат в [2] предложена модель универсального генератора адресных последовательностей, позволяющая при одном наборе аппаратного обеспечения генерировать множество адресных последовательностей. В основе работы генератора лежит алгоритм формирования последовательностей Соболя,

Значение *n*-го элемента S_n последовательности Соболя вычисляются как сумма по модулю два произведений цифр $a_i\ (n)$ двоичного представления *n*-го числа исходной последовательности и направляющего числа v_i:

$$S_n = a_0\ (n)v_1 \oplus a_1(n)\ v_2 \oplus \dots \oplus a_{w-1}(n)\ v_w \qquad (1)$$

где $a_i\ (n) \in \{0,1\}, i = \overline{0, w-1}$;

w – разрядность числа *n*

Числа v_i являются числами последовательности Корпута в двоичной системе с w двоичными разрядами после запятой:

$$v_i = \frac{m_i}{2^i} \qquad (2)$$

где m_i–нечетное число, принимающее значения $0 < m^i < 2^i$;

Для примера выберем числа $m_1 = 1,\ m_2 = 3, m_3 = 7$, тогда соответствующие им нормирующие числа согласно (2) равны:

$$v_1 = \frac{1}{2}_{(10c/c)} = 0{,}100_{(2c/c)}\ ,\ v_2 = \frac{3}{4}_{(10c/c)} = 0{,}110_{(2c/c)},\ v_3 = \frac{7}{8}_{(10c/c)} = 0{,}111_{(2c/c)}$$

Так, для числа $n = 3_{(10c/c)} = 011_{(2c/c)}$ соответствующий элемент последовательности Соболя согласно (1) можно определить:

$$s_n = a_0(3)v_1 \oplus a_1(3)v_2 \oplus a_2(3)v_3 = 1 \cdot 0{,}100 \oplus 1 \cdot 0{,}110 \oplus 0 \cdot 0{,}111 = 0{,}010$$

Количество слагаемых по модулю два в выражении (1) зависит от количества единичных разрядов в исходном числе и может быть уменьшено, если представить его в коде Грея. Тогда n элемент последовательности Соболя определяется выражением:

$$S_{(n+1)g} = S_{(n)g} \oplus v_i \tag{3}$$

Как показано в [2] для всех возможных последовательностей Соболя $v_1 = 0{,}100 \ldots 0$ в силу того, что для m_1 существует только одно безальтернативное значение $m_1 = 1 < 2^1$. В свою очередь m_2 есть нечетное число $m_2 < 2^2$, и оно может принимать два значения: один или три. Соответственно $m_2 = 0, \beta_{-1}(2)10\ldots0$, $m_2 = 0, \beta_{-1}(2)\ 1\ 0 \ldots 0$, где $\beta_{-1}(2) = 0$ для $m_2 = 1$ и $\beta_{-1}(2) = 1$ для $m_2 = 3$. Третье направляющее число равно $m_3 = 0, \beta_{-1}(3)\ \beta_{-2}(3)\ 1\ 0 \ldots 0$ и т. д.

Если модифицировать направляющие числа через операцию сдвига вправо на w разрядов и обозначить через μ_i , то их можно представить в виде нижней треугольной матрицы, приведенной на рисунке 1.

μ_i	$\beta_{-1}(i)$	$\beta_{-2}(i)$	$\beta_{-3}(i)$	…	$\beta_{-w+1}(i)$	$\beta_{-w}(i)$
μ_1	1	0	0	…	0	0
μ_2	$\beta_{-1}(2)$	1	0	…	0	0
μ_3	$\beta_{-1}(3)$	$\beta_{-2}(3)$	1	…	0	0
…	…	…	…	…	…	…
μ_{w-1}	$\beta_{-1}(w-1)$	$\beta_{-2}(w-1)$	$\beta_{-3}(w-1)$	…	1	0
μ_w	$\beta_{-1}(w)$	$\beta_{-2}(w)$	$\beta_{-3}(w)$	…	$\beta_{-w+1}(w)$	1

Рисунок 1 – Матрица модифицированных направляющих чисел

На основании описанной выше модели генератора адресных последовательностей было разработано программное средство, которое позволяет генерировать адресные последовательности со свойствами, задаваемыми матрицами модифицированных направляющих чисел. На рисунке 2 приведены последовательности, полученные на основе исходной последовательности Грея и матрицы направляющих чисел M1…M8.


Универсальный генератор адресных последовательностей
Сформировать последовательность

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1 0 0 0 1 0 0 0 1	1 0 0 1 1 0 0 0 1	1 0 0 0 1 0 0 1 1	1 0 0 0 1 0 1 0 1	1 0 0 1 1 0 0 1 1	1 0 0 1 1 0 1 0 1	1 0 0 0 1 0 1 1 1	1 0 0 1 1 0 1 1 1
ЛПτ(1)	ЛПτ(2)	ЛПτ(3)	ЛПτ(4)	ЛПτ(5)	ЛПτ(6)	ЛПτ(7)	ЛПτ(8)
0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0
1 1 0	0 1 0	1 1 0	1 1 0	0 1 0	0 1 0	1 1 0	0 1 0
0 1 0	1 1 0	0 1 0	0 1 0	1 1 0	1 1 0	0 1 0	1 1 0
0 1 1	1 1 1	0 1 1	1 1 1	1 0 1	0 1 1	1 0 1	0 0 1
1 1 1	0 1 1	1 1 1	0 1 1	0 0 1	1 1 1	0 0 1	1 0 1
1 0 1	1 0 1	1 0 1	0 0 1	1 1 1	0 0 1	1 1 1	0 1 1
0 0 1	0 0 1	0 0 1	1 0 1	0 1 1	1 0 1	0 1 1	1 1 1

Рисунок 2 –Результат работы программного средства

Из рисунка видно, что при использовании матрицы M1 на выходе генератора формируется последовательность Грея (ЛП1), а при матрице M8 формируется последовательность Корпута. Таким образом вид генерируемой последовательности, определяется видом матрицы модифицированных направляющих чисел.

Список использованных источников:

1. Ярмолик, В. Н. Адресные последовательности для многократного тестирования ОЗУ / В. Н. Ярмо-лик, С. В. Ярмолик // Информатика. – 2014. – № 2(42). – С. 124–1 36.

2. Ярмолик, В.Н. Контроль и диагностика вычислительных систем / В. Н. Ярмолик. – Минск : Бестпринт, 2019. – 387 с.