



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

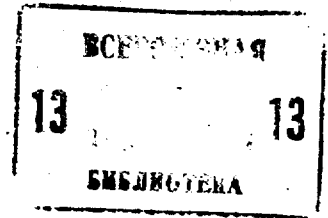
(19) **SU** (11) **1242957** **A 1**

(5D) 4 G 06 F 11/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3820770/24-24
(22) 05.12.84
(46) 07.07.86. Бюл. № 25
(71) Минский радиотехнический институт
(72) В.Н.Ярмолик
(53) 681.3(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 830391, кл. G 06 F 11/00, 1981.
Электроника, 1977, № 5, с.23-33.
(54) СИГНАТУРНЫЙ АНАЛИЗАТОР
(57) Изобретение относится к вычислительной технике и может использоваться для проведения тестового контроля цифровых узлов. Целью изобретения является увеличение полноты контроля и информативности сигнатур. Предлагаемый сигнатурный анализатор представ-

ляет собой совокупность регистра сдвига с обратными связями через сумматор по модулю два и реверсивный счетчик. Наличие генератора управляющих сигналов обуславливает два режима работы предлагаемого сигнатурного анализатора. В первом режиме осуществляется свертка анализируемой информации по закону неприводимого примитивного полинома и одновременный подсчет единиц в нем, что позволяет увеличить полноту контроля. Во втором режиме работы структура предлагаемого сигнатурного анализатора представляет собой следящий стохастический интегратор, используя который можно определять неисправности в замкнутых кольцевых цепях. 1 ил.

(19) **SU** (11) **1242957** **A 1**

Изобретение относится к вычислительной технике и предназначено для поиска неисправностей в аппаратных средствах цифровой вычислительной техники, в том числе для анализа выходных последовательностей при тестовом контроле цифровых узлов ЭВМ.

Целью изобретения является увеличение полноты контроля и информативности сигнатур.

На чертеже приведена функциональная схема сигнатурного анализатора.

Анализатор содержит генератор 1 управляющих сигналов, n -разрядный регистр 2 сдвига, сумматор 3 по модулю два, реверсивный счетчик 4, группу 5 из n элементов И, n -входовой элемент ИЛИ 6, элемент И 7, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 8, элементы И 9 - 12, элемент НЕ 13. Кроме того, сигнатурный анализатор содержит установочный вход 14, информационный вход 15 и синхровыход 16.

Анализатор работает следующим образом.

Генератор 1 управляющих сигналов имеет два режима работы. В первом режиме генератор 1 формирует $(2^n - 1)$ импульс по тактовому выходу и единичный уровень на управляющем выходе задания окна измерения (нижеуправляющий выход) на время прохождения генерируемых $(2^n - 1)$ импульсов. Во втором режиме генератор 1 формирует $(2^{n+2} - 1)$ импульс по тактовому выходу и нулевой уровень по управляющему выходу.

Перед началом функционирования тактовый выход генератора 1 тактовых импульсов, являющийся синхровыходом сигнатурного анализатора, подключается к анализируемому цифровому узлу, информационный выход которого подключается к информационному входу сигнатурного анализатора. Первоначально генератор 1 включается в положение "Режим 1", при этом на управляющем выходе генератора 1 формируется уровень логической единицы.

Этот единичный уровень поступает на первый вход элемента И 9, и, таким образом, вход сигнатурного анализатора подключается к входу сумматора 3 по модулю два, который совместно с регистром 2 сдвига образует одноканальный сигнатурный анализатор. Кроме того, единичный уровень, формируемый на управляющем выходе генератора 1, подается через элемент НЕ 13 на вто-

рой вход элемента И 7, на выходе которого формируется сигнал логического нуля. Логический нуль с выхода элемента И 7 поступает на вход элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 8 и на выход элемента И 12, при этом элементы 8, 10, 11 и 12 и реверсивный счетчик 4 представляют собой в совокупности суммирующий двоичный счетчик. Таким образом, при работе в первом режиме предлагаемый сигнатурный анализатор представляет собой два одноканальных сигнатурных анализатора, причем первый (образованный элементами 2, 3 и 9) основан на выполнении операции деления полинома анализируемых данных $z(x)$ на полином $\Psi^{-1}(x)$, который является инверсным полиному $\Psi(x)$, являющемуся образующим для регистра 2 сдвига с обратными связями. Второй одноканальный анализатор (образованный элементами 4, 8, 10, 11 и 12) представляет собой анализатор, основанный на методе счета единиц.

При запуске генератора 1 на его тактовом выходе формируется $(2^n - 1)$ управляющих импульсов, которые поступают на синхровыходы регистра 2 сдвига и реверсивного счетчика 4. Предварительно содержимое регистра 2 устанавливается в состоянии 111...1, а содержимое счетчика - в состоянии 000...0 под действием импульса, поступающего с входа 14. По прохождении $(2^n - 1)$ тактов на элементах памяти регистра 2 сформировывается сигнатура

$$s(x) = z(x) \bmod \Psi^{-1}(x),$$

которая является остатком от деления полинома $z(x)$ на полином $\Psi^{-1}(x)$. В то же время на элементах памяти счетчика 4 сформирована функция

$$c(x) = \sum_{j=1}^{2^n - 1} z_j,$$

где $z_j \in \{0, 1\}$ ($j = \overline{1, 2^n - 1}$) - j -й символ последовательности $z(x)$.

Таким образом, результирующей сигнатурой в данном случае являются значения функций $s(x)$ и $c(x)$, соответствие которых эталонным значениям свидетельствует о том, что с высокой достоверностью в последовательности данных $z(x)$ отсутствуют ошибочные биты информации. В случае отличия $s(x)$ и $c(x)$, от эталонных зна-

чений принимается решение, что в последовательности данных присутствуют ошибочные значения бит, которые вызваны неисправностью цифрового узла. Для отыскания возникшей неисправности используется метод "обратного хода", неисправность локализуется с точностью до входа или выхода элемента цифрового узла.

Однако в ряде случаев функции $s(x)$ и $c(x)$ и в особенности функция $s(x)$ не позволяют провести процедуру диагностирования с точностью до элемента, что объясняется тем, что сигнатура, отличная от эталонной, не несет никакой дополнительной информации, кроме того, что она не соответствует эталонной. Одним из примеров, характеризующим недостатки сигнатурного анализатора, основанного на делении полиномов, является случай возникновения неисправностей в кольцах элементов цифрового узла, охваченных обратной связью. В этом случае удается локализовать неисправность лишь с точностью до кольца элементов. Поэтому для увеличения информативности получаемых сигнатур и в связи с этим глубины диагностирования в предлагаемом сигнатурном анализаторе предусмотрен второй режим работы "Режим 2".

При работе в этом режиме на управляющем выходе генератора 1 формируется сигнал логического нуля, который блокирует прохождение последовательности входных данных $z(x)$ через элемент И 9 на вход сумматора 3 по модулю два. При этом сумматор 3 по модулю два и регистр 2 сдвига представляют собой генератор псевдослучайных двоичных чисел $x_j = x_1 x_2 x_3 \dots x_n$, где $x_i \in (0, 1)$, $i=1, n$, а $j=1, 2^k - 1$, причем $P(x_i=1) = 0,5$, т.е. значение x_i с равной вероятностью принимает значение нуля или единицы. На второй вход элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 8 поступает последовательность $z(x)$, а на первый вход - последовательность $b(x)$, сформированная на выходе элемента ИЛИ 6, так как на второй вход элемента И 7 поступает сигнал логической единицы.

В зависимости от значений j -х символов z_j и b_j последовательностей $z(x)$ и $b(x)$ реверсивный счетчик 4 работает следующим образом.

$z_j = b_j = 0$. В этом случае счетчик 4 не изменяет свое состояние, так как на его синхровход не поступает управляющий сигнал от генератора 1 через элемент И 10.

$z_j = 0, b_j = 1$. В этом случае на выходе элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 8 присутствует сигнал логической единицы, который, поступая на вход элемента И 10, разрешает прохождение через него управляющего импульса от генератора 1 на синхровход счетчика 4. Равенство нулю символа z_j формирует сигнал логического нуля на выходе элемента И 11, а равенство единице символа b_j - сигнал логической единицы на выходе элемента И 12. Таким образом, счетчик 4 работает в режиме вычитания. В результате содержимое счетчика при $z_j = 0, b_j = 1$ в j -м такте уменьшается на единицу.

$z_j = 1, b_j = 0$. В этом случае логическая единица по выходу элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 8 разрешает прохождение синхросигнала через элемент И 10 на синхровход счетчика 4. На выходах элементов И 11 и 12 формируются значения логической единицы и логического нуля соответственно. Таким образом, счетчик 4 работает в режиме сложения. В результате содержимое счетчика при $z_j = 1, b_j = 0$ в j -м такте увеличивается на единицу.

$z_j = 1, b_j = 1$. В этом случае счетчик 4 не изменяет свое состояние, так как на его синхровход не поступает управляющий сигнал от генератора 1 через элемент И 10.

Символы последовательности $b(x)$ формируются в соответствии со значениями кода псевдослучайного числа $x_j = x_1 x_2 \dots x_n$ и кода $A_j = a_1 a_2 a_3 \dots a_n$ согласно связям элементов 2, 4, 5 и 6.

Анализируя связи группы 5, можно записать булевы функции для всех элементов И, входящих в данную группу. Для двухвходового элемента И группы 5 формируется функция $f_1 = a_1 \cdot x_1$, для трехвходового - $f_2 = a_2 \cdot x_2 \cdot x_1$, для четырехвходового - $f_3 = a_3 \cdot x_3 \cdot x_2 \cdot x_1$ и для пятивходового - $f_4 = a_4 \cdot x_4 \cdot x_3 \cdot x_2 \cdot x_1$. В общем случае для $i \in \{1, n\}$ $f_i = a_i \cdot x_i \cdot x_{i-1} \cdot x_{i-2} \dots x_1$. Учитывая, что вероятность $P(x_i=1)$ равняется 0,5, для $a_i=1, i=1, n$, можно показать, что $P(f_1=1)=0,5; P(f_2=1)=0,25; P(f_3=1)=0,125; P(f_4=1)=$

$= 0,0625; \dots, P(f_n=1) = 1/2^n$. Кроме того, появления единичных символов на выходах элементов И группы 5 являются несовместными событиями, т.е. если $f_i=1$, то $f_j=0$, где $i \neq j \in \{1, n\}$.

Поскольку появления единичных символов на выходах элементов И группы 5 являются несовместными событиями, вероятность появления единичного символа на выходе элемента ИЛИ 6 определяется выражением

$$P(b_i=1) = \alpha_1 P(f_1=1) + \alpha_2 P(f_2=1) + \alpha_3 P(f_3=1) + \dots + \alpha_n P(f_n=1) = \alpha_1 2^{-1} + \alpha_2 2^{-2} + \alpha_3 2^{-3} + \dots + \alpha_n 2^{-n},$$

где $\alpha_i \in \{0, 1\}$, $i = \overline{1, n}$ - значение i -го разряда счетчика 4 в j -й такт его работы.

Таким образом, на выходе элемента ИЛИ 6 появляются символы b_j последовательности $b(x)$. Вероятность появления единичного символа b_j определяется кодом A_j , хранимым на элементах памяти счетчика 4.

Анализ работы счетчика 4 показывает, что при $P(b_i=1) > P(z_i=1)$ в нем преобладает режим вычитания единицы, а при $P(b_i=1) < P(z_i=1)$ - режим прибавления единицы. Таким образом, в установленном режиме $P(z_i=1)$ становится равным $P(b_i=1)$.

В установленном режиме работы счетчика 4 (при нулевых начальных условиях) код, хранимый в нем, определяет вероятность появления единичных символов во входной последовательности $z(x)$. В этом случае структура предлагаемого сигнатурного анализатора позволяет выполнять функции следящего стохастического интегратора.

Предлагаемое устройство позволяет существенно повысить полноту контроля цифровых узлов за счет увеличения вероятности обнаружения ошибочных бит в последовательности данных $z(x)$. Действительно, анализ значений сигнатур $s(y)$ и $s(x)$ позволяет обнаружить все одиночные, все двойные и все нечетные ошибки в последовательности данных, так как метод счета единиц позволяет обнаружить все нечетные ошибки.

Увеличение информативности получаемых сигнатур существенно при работе во втором режиме, когда сигна-

тура, формируемая в реверсивном счетчике 4, равняется вероятности появления единичных символов в последовательности анализируемых данных.

В этом случае оказывается возможным локализовать неисправность с точностью до неисправного элемента в случае наличия кольца элементов, что невозможно при использовании известных сигнатурных анализаторов. Справедливость данного факта можно рассмотреть на примере простейшего кольца элементов с обратной связью, содержащего, например, элемент НЕ, элемент И, элемент ИЛИ и D-триггер. В случае возникновения неисправности $\equiv 0$ по выходу элемента И, используя известный сигнатурный анализатор, оказывается невозможным локализовать неисправность с точностью до элемента. Эта задача легко решается с использованием предлагаемого устройства. Для этого необходимо использовать рассматриваемый сигнатурный анализатор в режиме "Режим 2". Локализацию неисправного элемента в этом случае начинаем, предположим, с элемента НЕ. Для этого определяется вероятность появления единичного сигнала на входе этого элемента и его выходе. В случае исправности элемента НЕ вероятность появления единичного сигнала на выходе связана с вероятностью появления единичного сигнала на его входе соотношением

$$P_{\text{вых}} = 1 - P_{\text{вх}},$$

Для элемента И, имеющего два входа, должно выполняться соотношение

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх1}} \cdot P_{\text{вх2}},$$

а для элемента ИЛИ

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх1}} + P_{\text{вх2}} - P_{\text{вх1}} \cdot P_{\text{вх2}}.$$

Поэтому при анализе работы элемента И в случае невыполнения соотношения $P_{\text{вых}} = P_{\text{вх1}} \cdot P_{\text{вх2}}$ можно с большой вероятностью принять решение о том, что элемент И неисправен. Аналогичным образом определяются неисправности других элементов, входящих в кольцо.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Сигнатурный анализатор, содержащий генератор управляющих сигналов, p -рядный регистр сдвига и сумматор

по модулю два, группа входов которого соединена с группой выходов регистра сдвига, синхровход которого соединен с тактовым выходом генератора управляющих сигналов и является синхровыходом анализатора, информационный вход регистра сдвига подключен к выходу сумматора по модулю два, группа выходов регистра сдвига является первой группой информационных выходов анализатора, отличающийся тем, что, с целью увеличения полноты контроля и информативности сигнатур, он содержит реверсивный счетчик, группу из n элементов И, n -входовой элемент ИЛИ, элемент НЕ, пять элементов И и элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, причем прямой выход i -го ($i = \overline{1, n}$) разряда регистра сдвига и прямой выход i -го разряда реверсивного счетчика подключены соответственно к первому и второму входам i -го элемента И группы ($i = \overline{1, n}$), остальные входы i -го элемента И группы соединены с инверсными выходами ($n - i$) старших разрядов регистра сдвига, выходы элементов И группы подключены к входам n -входового элемента ИЛИ, выход которого соединен с первым входом первого элемента И, второй вход которого

через элемент НЕ соединен с управляющим выходом задания окна измерения генератора управляющих сигналов и с первым входом второго элемента И, выход которого соединен с входом сумматора по модулю два, выход первого элемента И соединен с первыми входами элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и третьего элемента И, информационный вход анализатора соединен с вторыми входами элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и второго элемента И и с первым входом четвертого элемента И, выход элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ соединен с вторыми входами третьего и четвертого элементов И и первым входом пятого элемента И, второй вход и выход которого подключены к синхровходам регистра сдвига и реверсивного счетчика соответственно, выходы третьего и четвертого элементов И подключены соответственно к управляющим входам вычитания и сложения реверсивного счетчика, группа выходов которого является второй группой информационных выходов анализатора, установочный вход регистра сдвига соединен с установочным входом реверсивного счетчика и является установочным входом анализатора.

