

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ РИСКОВ СБОЕВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Дмитриенко В.Д., Леонов С.Ю., Пилипенко О.В.

Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"

E-mail: serleomail@gmail.com

Аннотация

Дмитриенко В.Д., Леонов С.Ю., Пилипенко О.В. Решение задачи распознавания рисков сбоев с помощью нейронной сети. Рассмотрено применение K -значной нейронной сети для диагностики рисков сбоев быстродействующих вычислительных устройств при автоматизированном проектировании с помощью системы K -значного моделирования. Использование предложенной нейронной сети позволяет автоматизировать процесс выделения "узких" мест в проектируемых устройствах и облегчить работу пользователей системы при создании новых цифровых устройств.

Общая постановка проблемы.

В настоящее время для проектирования вычислительных устройств и систем широко используются различные системы автоматизированного проектирования. Каждая из таких систем имеет свои преимущества и недостатки. При этом все они решают свои конкретные задачи, свойственные данной системе. В связи с тем, что современные проектируемые системы имеют достаточно сложную структуру и большие функциональные возможности, то для их разработки необходимо применять и соответствующие системы. Однако часто даже универсальные системы не могут охватить все стороны работы проектируемых блоков. Кроме того, такие системы достаточно сложны в эксплуатации. В связи с этим целесообразно в имеющиеся системы автоматизированного проектирования встраивать отдельные подсистемы, которые целенаправленно расширяют их функциональные возможности и позволяют более полно учитывать особенности проектируемых на современной элементной базе устройств.

Одной из современных систем, которая может быть успешно использована при проектировании устройств, выполненных на быстродействующей элементной базе, является система на основе K -значного дифференциального исчисления [1], где K – простое число. Она позволяет при выполнении проектирования моделировать структуру с K -значным представлением сигналов, основанном на квантовании по амплитуде и времени логических сигналов и процессов их переключения из одного устойчивого состояния в другое. При этом имеется возможность выявлять риски сбоев, например, связанные с некорректным переходом из уровня логического "нуля" в состояние логической "единицы" и наоборот и т.д. Однако в разработанной системе процесс выявления рисков сбоев не автоматизирован. В связи с этим предлагается усовершенствовать рассматриваемую систему с помощью отдельного модуля, который автоматизирует выполнение диагностики переключательных процессов с использованием K -значной нейронной сети.

Эта сеть представляет собой модификацию нейронной сети Хебба. В предлагаемой нейронной сети используются не двоичные, а K -значные нейроны, выходные сигналы которых могут принимать значения из множества $\{0, 1, 2, \dots, K-2, K-1\}$. Очевидно, значность нейронов в K -значной нейронной сети должна соответствовать значности системы моделирования. В этом случае сеть позволяет автоматизировать процесс выявления рисков сбоев, которые могут возникать при функционировании вычислительных устройств.

При исследовании работоспособности цифровых вычислительных устройств часто используют тринадцать видов сигналов [2]: сигнал вида " $\underline{0}$ " соответствует статическому сигналу нулевого уровня, значение " $\underline{1}$ " – значению уровня статической "единицы". Далее " \underline{A} " соответствует переходу из нуля в неопределенность, " \underline{B} " – переходу из единицы в неопределенность, " \underline{E} " – гладкому переходу из нуля в единицу, " \underline{F} " – динамическому риску сбоя при переключении из нуля в единицу, " \underline{H} " – гладкому переходу из единицы в нуль, " \underline{I} " – переходу из неопределенности в единицу, " \underline{L} " – динамическому риску сбоя при переключении из единицы в нуль, " \underline{P} " – статическому риску сбоя в нуле, " \underline{O} " – переходу из неопределенности в нуль, " \underline{V} " – статическому риску сбоя в единице, " \underline{X} " – неопределенности. При K -значном представлении сигналов цифровых устройств получим следующие 13 видов сигналов и сбоев: сигнал вида " $\underline{0}_K$ " – соответствует статическому бинарному сигналу нулевого уровня, значение " $\underline{K} - 1$ " – значению уровня статической бинарной "единицы", " $\underline{(K - 1)/2}$ " – значению неопределенности " \underline{X} " при бинарном представлении сигналов, " \underline{A}_K " – соответствует переходу из нуля в неопределенность " $\underline{(K - 1)/2}$ ", " \underline{B}_K " – переходу из " $\underline{(K - 1)}$ " в неопределенность " $\underline{(K - 1)/2}$ ", " \underline{E}_K " – переходу из нуля в " $\underline{(K - 1)}$ ", " \underline{F}_K " – динамическому риску сбоя при переключении из нуля в " $\underline{(K - 1)}$ ", " \underline{H}_K " – гладкому переходу из $(K - 1)$ в нуль, " \underline{I}_K " – переходу из неопределенности " $\underline{(K - 1)/2}$ " в $(K - 1)$, " \underline{L}_K " – динамическому риску сбоя при переключении из $(K - 1)$ в нуль; " \underline{P}_K " – статическому риску сбоя в нуле; " \underline{O}_K " – переходу из неопределенности " $\underline{(K - 1)/2}$ " в нуль, " \underline{V}_K " – статическому риску сбоя в $(K - 1)$.

Каждый из процессов переключения из одного устойчивого состояния в другое характеризуется формой кривой переключения и ее длительностью. Кроме того, эта кривая переключения может сдвигаться во времени в зависимости от времени задержки на логическом элементе. Процесс переключения, который может приводить к сбоям, заключается в искажении кривой переходного процесса за счет дополнительных всплесков или провалов в процессе переключения и за счет увеличения длительности переходного процесса.

Целесообразно, чтобы каждому j -му ($j = \overline{1, 13}$) рассматриваемому входному процессу на выходе нейронной сети соответствовали выходные K -значные сигналы $U_{\text{вых}Y_j} = (K - 1)$, $U_{\text{вых}Y_k} = 0$, $k = \overline{1, 13}$, $k \neq j$. Модифицированная K -значная нейронная сеть Хебба в этом случае должна иметь на выходе тринадцать K -значных Y -нейронов, каждый из которых может иметь выходной сигнал от нуля до $K - 1$. В зависимости от длительности T интервала времени, на котором анализируется последовательность переключения сигналов вычислительного устройства, на входе такой сети может быть различное число нейронов. При тринадцати видах распознаваемых сигналов и $T = 12$ нейронная сеть имеет вид, приведенный на рис. 1.

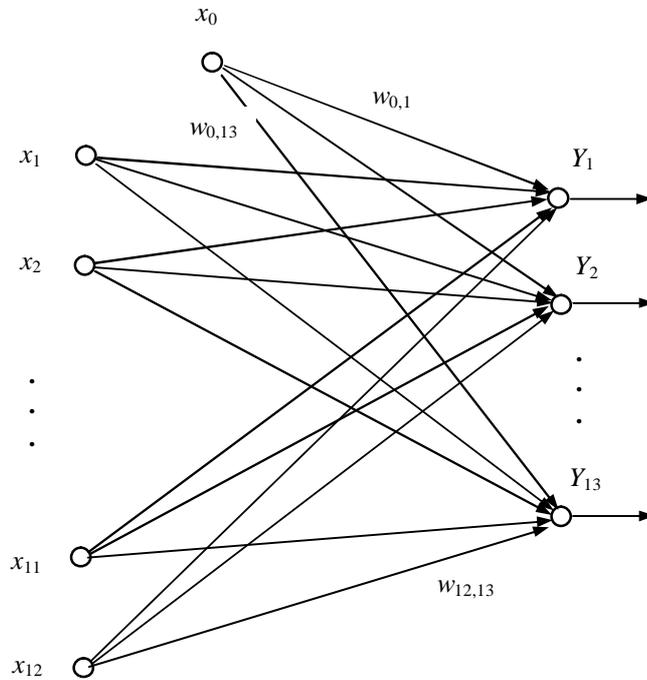


Рис. 1. Нейронная сеть для распознавания K -значных сигналов

Для обучения сети распознаванию тринадцати классов семизначных сигналов для каждого класса были сформированы обучающие множества изображений. На рис. 2 приведено два изображения правильного переключения из единицы в нуль, а на рис. 3 – изображения переключений из единицы в нуль при динамическом риске сбоя. В таблице приведены данные для обучения нейронной сети распознаванию процессов, которые порождают риски сбоев при переключении сигнала из логической единицы ($K - 1$) в нуль (при $K = 7$).

Каждый класс сбоев задается множеством обучающих процессов на заданном временном интервале.

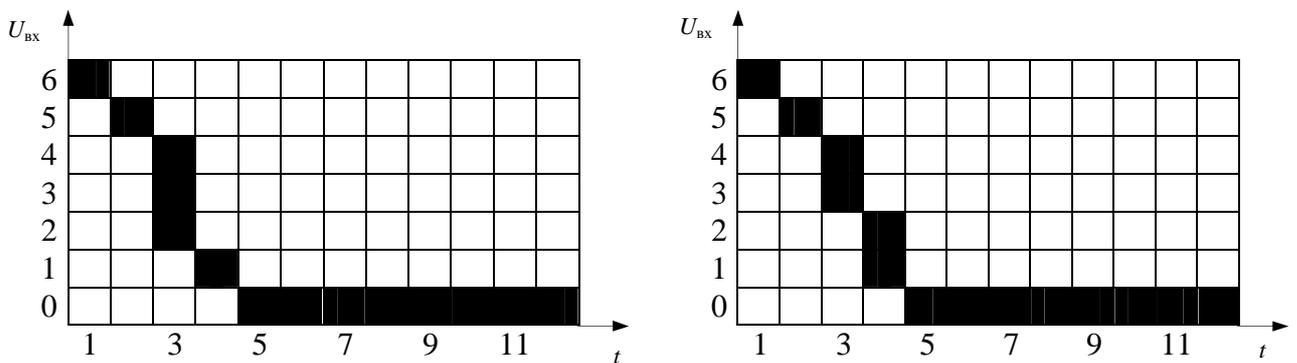


Рис. 2. Примеры процессов правильного переключения из $K - 1$ (логической единицы) в нуль

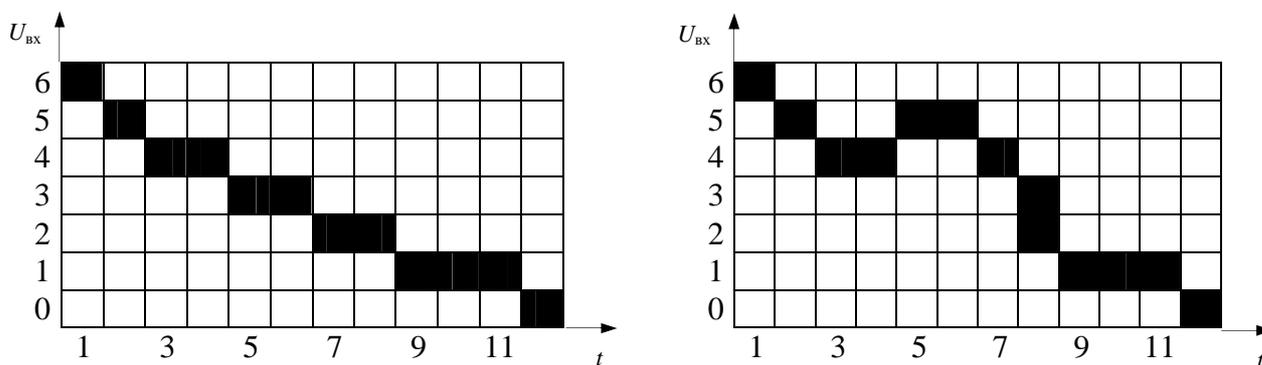


Рис. 3. Примеры процессов переключения $K-1$ (логической единицы) в нуль, которые могут приводить к сбоям

Таблица

$v \backslash t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V1	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
V2	6	5	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0
V3	6	5	4	3	4	4	3	2	1	0	0	0
V4	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	0
...												
V_k	6	5	4	4	3	3	4	4	3	2	1	0

Обучение K -значной нейронной сети выполнялось с помощью модифицированного алгоритма Хебба. Последующая проверка результатов обучения на новых данных показала, что нейронная сеть правильно распознает свыше 90% сигналов, которые могут приводить к сбоям последующих элементов цифрового устройства.

Выводы. Таким образом, для системы моделирования цифровых устройств на основе K -значного дифференциального исчисления разработан модуль, автоматизирующий процесс выявления сигналов, приводящих к появлению рисков сбоев в моделируемых вычислительных устройствах. Модуль реализован на K -значной однослойной нейронной сети, обучаемой с помощью модифицированного алгоритма Хебба и позволяет распознавать тринадцать типов сигналов.

Литература

1. Гладких Т.В. Верификация динамических параметров электронных устройств на основе K -значного дифференциального исчисления: дис. канд. техн. наук: 05.13.05 / Т.В. Гладких. – Харьков, 2007. – 341 с.
2. Aktouf C. A complete strategy for testing an on-chip multiprocessor architecture / C. Aktouf // IEEE Design & Test of Computers. – 2002. – Issue:1. – P. 18 – 28.