

Б.К. Богомолов

(г. Новосибирск, Новосибирский государственный технический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДОВ И СОСТОЯНИЙ ТРИТТЕРА

INVESTIGATION OF TRITTER TRANSITIONS AND STATES

Рассматриваются результаты моделирования переходов и состояний триттера (троичного триггера) в САПР БИС Ковчег 3.02, MicroCAP 8, MAX+plus II, в которых ранее обнаружены несовпадающие результаты. Анализируется переход триттера из состояния 200₃ в новое состояние при подаче на его вход сигнала 001₃. Обосновывается корректность моделирования этого перехода в MAX+plus II и отличие этого перехода в Ковчеге 3.02 и MicroCAP 8.

We consider the results of modeling the transitions and states of a tritter (ternary trigger) in CAD VLSI Kovcheg 3.02, MicroCAP 8, MAX + plus II, in which mismatched results were previously found. The transition of the tritter from the 200₃ state to a new state is analyzed when the 001₃ signal is applied to its input. The correctness of modeling this transition in MAX + plus and the difference of modeling this transition in Kovcheg 3.02 and MicroCAP 8 are substantiated.

Ключевые слова: троичная логика, троичный триггер, моделирование.

Keywords: ternary logic, ternary trigger, modeling.

Важность и актуальность разработки троичных устройств и их исследований подтверждается тем, что уже 49 раз проходил ежегодный всемирный симпозиум «International symposium on multiple-valued logic». В этом году он пройдет 50-ый раз 9-11 ноября в Японии [1].

Обнаруженные различия в таблице истинности (ТИ) при моделировании триттера в разных САПР БИС показали, что возможны два пути дальнейшего улучшения устойчивости работы триттера и, в более широком смысле, троичных устройств [2]. Первый – улучшение используемых в САПР БИС алгоритмов и их программной реализации. Это направление развития проиллюстрировано нами в [3], где показано, что при переходе от версии САПР БИС Ковчег 2.2 к v.3.02 и к v.3.04 увеличивается число совпадений переходов триттера в полной ТИ, полученной при помощи этих версий САПР с ТИ полученной при помощи САПР БИС MAX+plus II, которая признана нами основной (базовой). Второй путь – это совершенствование самой схемы триттера и условий его работы (порядка подачи сигналов на входы, например).

В настоящей статье приведены результаты анализа ряда переходов и состояний триттера, которые привели к отличиям полной ТИ триттера при исследовании в разных САПР БИС и ПЛИС [2]. Т.к. эти результаты во многом идентичны, рассмотрим наиболее подробно состояние, которое в двух САПР

БИС (MAX+plus II и MicroCAP8, далее МС8) является определенным и устойчивым, а в трёх версиях САПР БИС Ковчег – неустойчивым. Это состояние триттера впервые было обнаружено и описано в [2]. Схема триттера представлена на рис. 1 и рис. 2 [4-5].

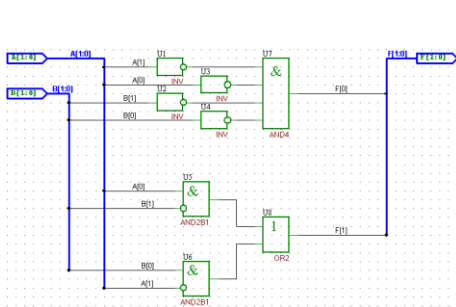


Рис.1. Триттный элемент, реализующий функцию Вебба в САПР БИС Ковчег 3.02

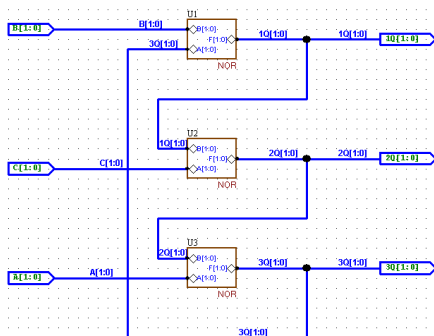


Рис.2. Логическая схема триттера в САПР БИС Ковчег 3.02

Триттер при этом переходит из предыдущего состояния 200_3 при подаче входного сигнала 001_3 в MAX+plus II в состояние 120_3 (см. рис. 3), в Ковчеге 3.02 – в XXX_3 (см. рис. 4), в МС8 – в 012_3 (см. рис. 5).

Более тщательный анализ приведённых временных диаграмм показал, что переход $200_3 \rightarrow 012_3$ при подаче на вход триттера сигнала 001_3 в МС8 происходит не сразу, т.к. на двух выходах из шести наблюдаются кратковременные риски (см. рис.5). На выходах Q_{10} и Q_{21} появляется кратковременный сигнал 1_2 . Но самое главное отличие состоит в том, что MAX+plus II и МС8 дают в конечном итоге разный результат, соответственно, триттер переходит в состояния 120_3 и в 012_3 . Какой из переходов соответствует теоретически ожидаемому, нами было установлено путём анализа прохождения сигналов через цепи триттера «вручную». Этот анализ показал, что триттер из состояния 200_3 при подаче сигнала 001_3 переходит в 120_3 . Это совпадает с результатом моделирования в MAX+plus II и противоречит результату моделирования триттера, полученного для этого перехода в МС8.

Моделирование перехода триттера в Ковчеге 3.02 из состояния 200_3 при подаче сигнала на вход 001_3 не даёт установления устойчивого состояния (см. рис.6).

Исследование состояния выходов триттера при этих переключениях показало, что в начале, за короткое время происходит ряд переключений значений сигналов на выходах. Выходы триттера последовательно переходят

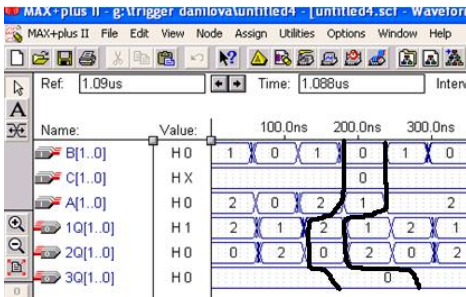


Рис.3. Результат моделирования триггера в MAX+plus II. Помечен переход $200_3 \rightarrow 120_3$ при подаче на вход 001_3

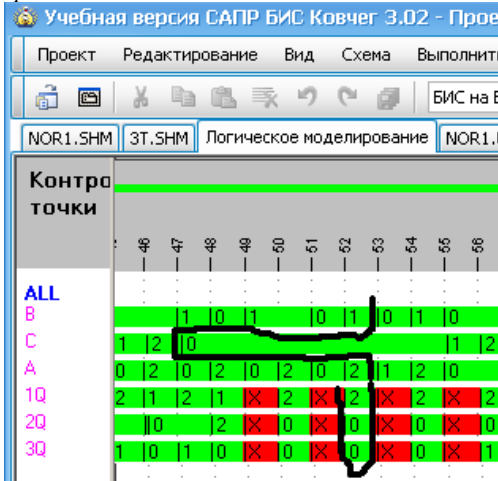


Рис.4. Результат моделирования триггера в Ковчег 3.02. Помечен переход $200_3 \rightarrow XXX_3$ при подаче на вход 001_3

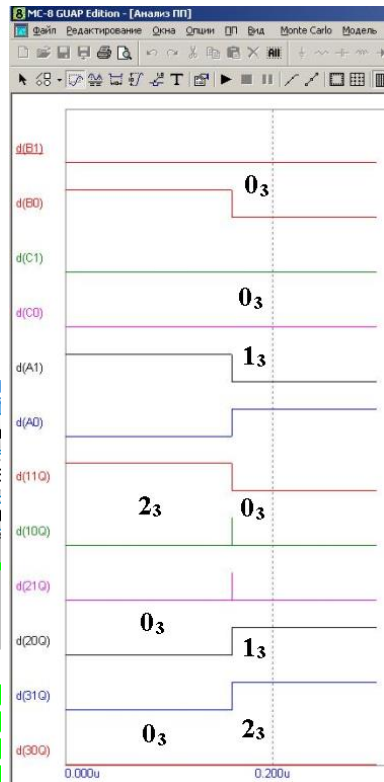


Рис.5. Результат моделирования триггера в MC8. Помечен переход $200_3 \rightarrow 012_3$ при подаче на вход 001_3

в следующие состояния: $200_3 \rightarrow 302_3 \rightarrow 102_3 \rightarrow 002_3 \rightarrow 022_3 \rightarrow 012_3 \rightarrow 010_3 \rightarrow 012_3 \rightarrow 112_3 \rightarrow 012_3 \rightarrow 002_3 \rightarrow 022_3 \rightarrow 012_3 \rightarrow 010_3 \rightarrow (01X_3 \rightarrow 012_3 \rightarrow X12_3 \rightarrow 012_3 \rightarrow 0X2_3 \rightarrow 012_3)_n$. И далее происходит циклическое повторение переходов $(01X_3 \rightarrow 012_3 \rightarrow X12_3 \rightarrow 012_3 \rightarrow 0X2_3 \rightarrow 012_3)_n$ до прихода на входы триггера нового сигнала. Анализ этих переключений показывает, если не учитывать состояние X_3 , моделирование перехода триггера в Ковчеге 3.02 из состояния 200_3 при подаче сигнала 001_3 на вход до подачи на вход нового сигнала приводит к стремлению триггера принять состояния выходов 012_3 .

То есть Ковчег 3.02 стремится показать результат 012_3 , совпадающий с результатом моделирования этого перехода в MC8.

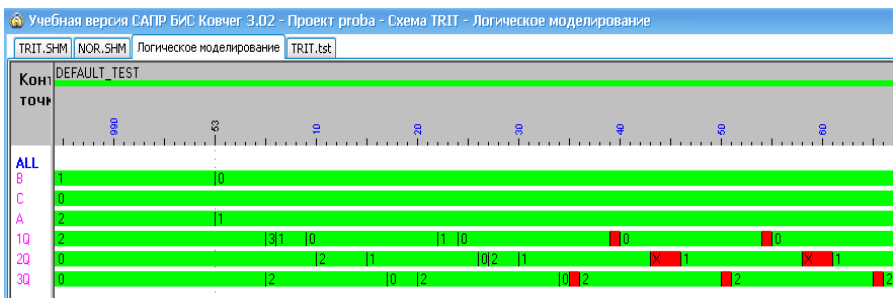


Рис.6. Результат моделирования триггера в Ковчег 3.02. Показаны промежуточные переходы выходов триггера до установления устойчивого состояния (переход 200з → XXXз при подаче на вход 001з)

Таким образом, три САПР БИС показывают при рассмотренном переходе триггера три разных результата.

Результаты магистерской диссертации Манахова И.И. использованы в настоящей статье, за что автор выражает ему благодарность.

Список литературы

1. IEEE 50th International Symposium on Multiple-Valued Logic (ISMVL 2020) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mvl.jpn.org/ISMVL2020/> (дата обращения: 9.04.2020).
2. Богомолов, Б.К. Отличие состояний триггера в разных САПР БИС и ПЛИС / Б.К. Богомолов, И.И. Манахов // «САПР и моделирование в современной электронике»: Сб. науч.тр. III межд. науч.-практ. конф. (Брянск, 24-25 октября 2019 г.). – Брянск: БГТУ, 2019. – С. 44-48.
3. Богомолов, Б.К. Полная таблица истинности триггера / Б.К. Богомолов // «Современные проблемы телекоммуникаций»: материалы межд. науч.-техн. конф. (Новосибирск, 23-25 апреля 2020 г.). – Новосибирск: Изд-во СибГУТИ, 2020. – С.498-503.
4. Богомолов, Б.К. Исследование троичного триггера на двухуровневых логических элементах в САПР «КОВЧЕГ 3.02» / Б.К. Богомолов, И.И. Манахов // САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч.тр. II межд. науч.-практ. конф. (Брянск, 24-25 октября 2018 г.). – Брянск: БГТУ, 2018. – Ч.1. – С. 62-66.
5. Богомолов, Б.К. Исследование троичного триггера в САПР “Ковчег 3.02” / Б.К. Богомолов, И.И. Манахов // «Современные проблемы телекоммуникаций»: Рос. науч. техн. конф. (Новосибирск, 25-26 апреля 2019 г.). – Новосибирск: Изд-во СибГУТИ, 2019. – С. 561-571.

Материал поступил в редколлегию 12.10.20.