

И.И. Манахов, Б.К. Богомолов

(г. Новосибирск, Новосибирский государственный технический университет)

I.I. Manahov, B.K. Bogomolov (Novosibirsk, NSTU)

ОТЛИЧИЕ СОСТОЯНИЙ ТРИТТЕРА В РАЗНЫХ САПР БИС И ПЛИС

DIFFERENCE OF TRITTER STATES IN DIFFERENT CAD MPGA AND FPGA

Моделируется работа троичного триггера Данилова (триттера) в САПР БИС “Ковчег 2.2”, “Ковчег 3.02”, “Ковчег 3.04”, MicroCap 8 (МС8), САПР ПЛИС “Max+plus II”. Сравниваются результаты работы триггера в САПР БИС и ПЛИС. Обнаружены отличия в таблице истинности (ТИ) триггера по ряду выходных сигналов в зависимости от используемой САПР.

The operation of Danilov’s ternary trigger (tritter) is simulated in the CAD MPGA “Kovcheg 2.2”, “Kovcheg 3.02”, “Kovcheg 3.04”, MicroCap 8, CAD FPGA “Max+plus II”. The results of the trigger in EDA MPGA and FPGA are compared. Differences were found in the trigger truth table for a number of output signals depending on the CAD used.

Ключевые слова: троичная логика, троичный триггер, БИС, ПЛИС.

Keywords: ternary logic, ternary trigger, MPGA, FPGA.

Одним из возможных вариантов развития электроники является электроника на многозначной логике. Среди многозначной логики выделяется особенно троичная. Из элементов двоичной логики можно создать устройства троичной логики. Например, троичный триггер Данилова [1].

В статьях [2,3] проведено исследование ТИ триггера Данилова в САПР БИС “Ковчег 3.02”. Также проведено исследование ТИ триггера Данилова в САПР ПЛИС Max+plus II и САПР БИС “Ковчег 2.2”. Вначале был смоделирован элемент, воспроизводящий функцию Вебба (рис.1, 2). Результаты моделирования элемента, реализующего функцию Вебба, совпадают с результатами, полученными с помощью САПР БИС “Ковчег 3.02”. Схема троичного триггера Данилова приведена на (рис. 3, 4). ТИ триггера Данилова в САПР ПЛИС Max+plus II полностью совпадает с ТИ триггера Данилова в САПР БИС Xilinx (по 27 комбинациям сигналов). Полученная нами ТИ в Max+plus II является полной и содержит весь набор возможных комбинаций (297 комбинаций). Поэтому эта ТИ является опорной для сравнения с ТИ полученными в САПР БИС Ковчег 2.2, 3.02 и 3.04 и МС8.

Различия между ТИ, полученными в САПР ПЛИС Max+plus II и САПР БИС Ковчег 2.2, 3.02 и 3.04, МС8 представлены в табл.1. Вид неустойчивого состояния представлен на рис.5. При подаче на вход 111 на выходе триггера генерируется циклическое повторение сигналов 022₃ и 200₃.

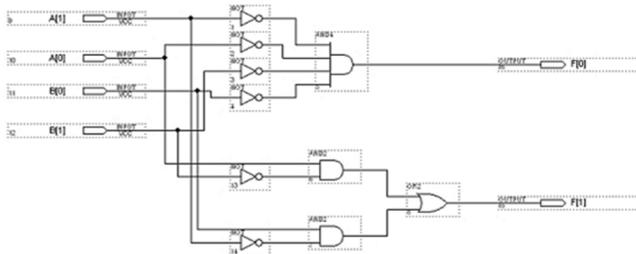


Рис.1. Тройчный элемент, реализующий функцию Вебба в САИР Max+plus II

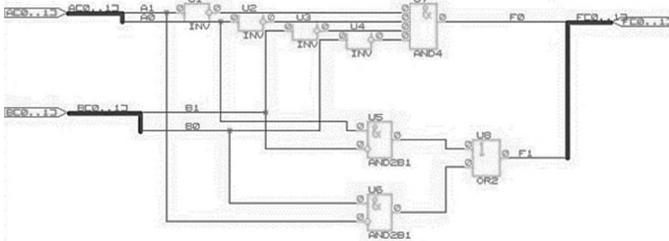


Рис.2. Тройчный элемент, реализующий функцию Вебба в САИР "Ковчег 2.2"

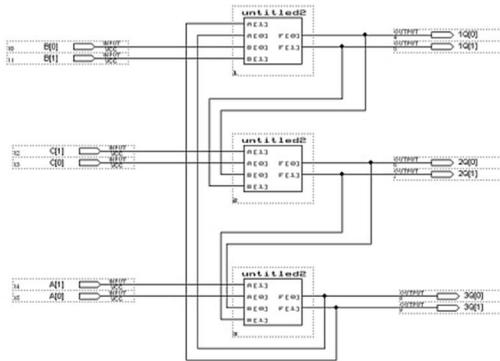


Рис.3. Тройчный триггер Данилова в САИР Max+plus II

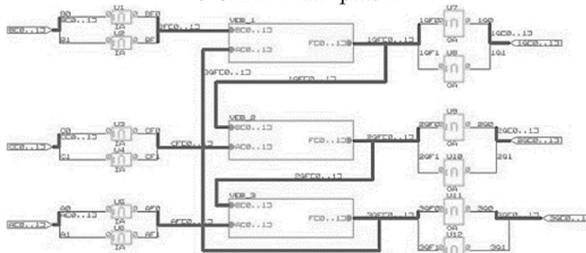


Рис.4. Тройчный триггер Данилова в САИР "Ковчег 2.2"

Таблица 1. Различия в полной ТИ триттера по 297 комбинациям

№ п/п	Входы	Выходы					
		Исходные состояния	Махplus II	Ковчег 2.2	Ковчег 3.02	Ковчег 3.04	МС 8
		Время t	Время t+1				
ВСА	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	
1	000 ₃	000 ₃	HC	XXX	XXX	HC	3П
2	001 ₃	000 ₃	012 ₃	XXX	XXX	XXX	012 ₃
3	000 ₃	001 ₃	HC	XXX	XXX	HC	3П
4	001 ₃	001 ₃	012 ₃	XXX	XXX	012 ₃	012₃
5	010 ₃	000 ₃	120 ₃	XXX	XXX	XXX	120 ₃
6	010 ₃	001 ₃	120 ₃	XXX	XXX	XXX	120 ₃
7	100 ₃	000 ₃	201 ₃	XXX	XXX	XXX	201 ₃
8	100 ₃	001 ₃	201 ₃	XXX	XXX	XXX	201 ₃
9	111 ₃	000 ₃	HC	XXX	HC	HC	3П
10	111 ₃	001 ₃	HC	XXX	HC	HC	3П
11	111 ₃	010 ₃	HC	XXX	HC	HC	3П
12	111 ₃	100 ₃	HC	XXX	HC	HC	3П
13	111 ₃	XXX	HC	XXX	XXX	XXX	3П
14	000 ₃	002 ₃	HC	XXX	XXX	HC	3П
15	000 ₃	010 ₃	HC	XXX	XXX	HC	3П
16	001 ₃	010 ₃	012 ₃	XXX	XXX	XXX	012 ₃
17	010 ₃	002 ₃	120 ₃	XXX	XXX	XXX	120 ₃
18	010 ₃	010 ₃	120 ₃	XXX	XXX	120 ₃	120 ₃
19	010 ₃	012 ₃	120 ₃	XXX	XXX	120 ₃	120 ₃
20	100 ₃	002 ₃	201 ₃	XXX	XXX	XXX	201 ₃
21	100 ₃	010 ₃	201 ₃	XXX	XXX	XXX	201 ₃
22	000 ₃	020 ₃	HC	XXX	XXX	HC	3П
23	000 ₃	100 ₃	HC	XXX	XXX	HC	3П
24	001 ₃	020 ₃	012 ₃	XXX	XXX	XXX	012 ₃
25	001 ₃	100 ₃	012 ₃	XXX	XXX	XXX	012 ₃
26	010 ₃	100 ₃	120 ₃	XXX	XXX	XXX	120 ₃
27	100 ₃	020 ₃	201 ₃	XXX	XXX	XXX	201 ₃
28	100 ₃	100 ₃	201 ₃	XXX	XXX	201 ₃	201 ₃
29	100 ₃	120 ₃	201 ₃	XXX	XXX	201 ₃	201 ₃
30	000 ₃	200 ₃	120 ₃	XXX	XXX	HC	3П
31	001 ₃	200 ₃	120 ₃	XXX	XXX	XXX	012 ₃
32	001 ₃	201 ₃	012 ₃	XXX	XXX	012 ₃	012 ₃
33	010 ₃	200 ₃	120 ₃	XXX	XXX	XXX	120 ₃
34	000 ₃	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	3П
35	000 ₃	012 ₃	012 ₃	012 ₃	012 ₃	012 ₃	3П
36	000 ₃	120 ₃	120 ₃	120 ₃	120 ₃	120 ₃	3П
37	000 ₃	201 ₃	201 ₃	201 ₃	201 ₃	201 ₃	3П
38	111 ₃	002 ₃	HC	HC	HC	HC	3П
39	111 ₃	012 ₃	HC	HC	HC	HC	3П
40	111 ₃	020 ₃	HC	HC	HC	HC	3П
41	111 ₃	120 ₃	HC	HC	HC	HC	3П
42	111 ₃	200 ₃	HC	HC	HC	HC	3П
43	111 ₃	201 ₃	HC	HC	HC	HC	3П

Примечание: сокращение – HC (неустойчивое состояние), ЗП (зависание программы)

В табл. 1 насчитывается 50 таких циклически повторяющихся сигналов в САПР ПЛИС Max+plus II, САПР БИС Ковчег 2.2, 3.02 и 3.04. В САПР МС8 этим циклически повторяющимся сигналам соответствует зависание программы.

В МС8 исследована схема, реализующая функцию Вебба и троичного триггера (рис.6, 7). При входных сигналах 000_3 , 111_3 происходило зависание программы. Обнаружена 1 особая комбинация (при входном сигнале 001_3 и предыдущем состоянии триггера 200_3). Триггер при ней переходит в разные определенные и устойчивые состояния в САПР Max+plus II и МС8 соответственно в 120_3 и 012_3 . Особенность в том, что во всех остальных различиях для всех САПР обязательно присутствует либо неопределенный, либо неустойчивый сигнал.



Рис. 5. Неустойчивое состояние

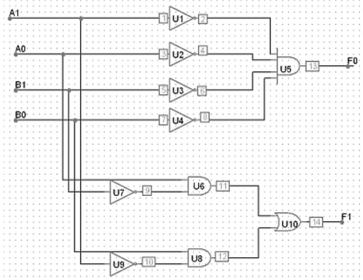


Рис.6. Троичный элемент, реализующий функцию Вебба в САПР Microcap 8

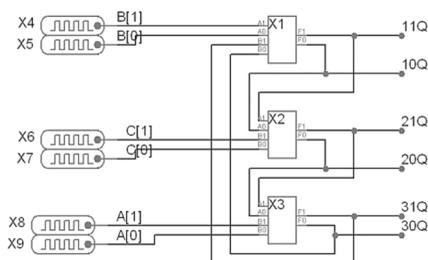


Рис.7. Троичный триггер Данилова в САПР Microcap 8

В САПР Max+plus II и “Ковчег 3.04” отсутствуют отличия с сокращенной ТИ. В табл. 2 представлены обнаруженные расхождения между САПР.

По представленной работе можно сделать следующие выводы:

1) Результаты моделирования ТИ элемента, выполняющего функцию Вебба, одинаковы во всех используемых САПР БИС и ПЛИС (“Ковчег 2.2”, “Ковчег 3.02”, “Ковчег 3.04”, Max+plus II и МС 8).

2) Установлено, что ТИ триггера по 27 комбинациям, полученная в САПР ПЛИС Max+plus II, полностью совпадает с САПР БИС Xilinx [1].

3) Получена полная ТИ троичного триггера, которая состоит из 297 комбинаций входных сигналов и предыдущих состояний троичного триггера, в ходе исследования и моделирования в САПР “Ковчег 2.2”, “Ковчег 3.02”, “Ковчег 3.04” (на БМК 5503XM1), Max+plus II, MC 8.

Таблица 2. Отличия в САПР по 297 комбинациям в полной ТИ

Сравниваемые САПР		Кол-во отличительных комбинаций	Кол-во совпадающих комбинаций
“Ковчег 2.2”	Max+plus II	33	264
	MC 8	43	254
“Ковчег 3.02”	Max+plus II	29	268
	MC 8	43	254
	“Ковчег 2.2”	4	293
	“Ковчег 3.04”	13	285
“Ковчег 3.04”	Max+plus II	17	280
	MC 8	37	260
	“Ковчег 2.2”	17	280
Max+plus II	MC 8	23	274

Данные различия не препятствуют реализации троичного триггера на отечественной элементной базе на БМК 5503, но при этом имеются ограничения для использования комбинаций входных сигналов и предыдущего состояния триггера. Перед установкой сигнала в устойчивое состояние во всех комбинациях наблюдаются переходные процессы, которые в исследовании не учитываются, т.к. имеют малую длительность в сравнении с устойчивым состоянием. Подходящими состояниями для использования в триггере являются 012_3 , 120_3 и 201_3 , т.к. в данном случае достаточно знать только состояние одного выхода, чтобы определить состояние остальных выходов триггера для повышения помехоустойчивости. Полученные результаты необходимы для разработки троичных цифровых устройств с памятью, а также для разработки троичных систем моделирования.

Список литературы

1. Данилов, В.В. Троичная запоминающая ячейка и троичные триггеры / В.В. Данилов, Б.Н. Ковригин, Е.В.Чепин // Радиозлектроника, радиофизика: труды МФТИ. – М., 2010. – Т. 2. – №3. – С. 108 – 116.
2. 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.
3. 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 14.10.19.