

УДК 004.312

DOI: 10.30987/conferencearticle\_5c19e5ee6a3a68.70567476

И.И. Манахов, Б.К. Богомолов  
(г. Новосибирск, Новосибирский государственный технический университет)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРОИЧНОГО ТРИГГЕРА НА ДВУХУРОВНЕВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ В САПР «КОВЧЕГ 3.02»**

*Рассматривается моделирование работы троичного триггера на двухуровневых логических элементах в САПР “Ковчег 3.02”. Сравняется результат работы триггера Данилова с полученным в САПР “Ковчег”. Исследуются входные и выходные комбинации троичного триггера и закономерности между ними.*

*The main part is modeling of working ternary trigger on 2-level logical elements in CAD “Kovcheg 3.02”. The result of working of trigger Danilova is compared with received result in CAD “Kovcheg”. Input and output combinations of ternary trigger and patterns between them are explored.*

*Ключевые слова: троичная логика, троичный триггер, двоично-троичное моделирование.*

*Keywords: ternary logic, ternary trigger, binary-ternary modeling.*

Современная электроника на двоичной логике подошла к границе, когда различные квантовые эффекты оказывают существенное воздействие на работу элементов [1][2]. Дальнейшим возможным развитием электроники являются квантовая электроника, биоэлектроника, электроника на многозначной логике. Среди многозначной логики выделяется особенно троичная, т.к. обладает свойствами двоичной логики и экономичностью, которая заключается в возможности при минимальном наборе триггеров и логических уровней представить наибольшее количество возможных чисел [3]. Исходя из этого делаются попытки создать устройства на троичной логике из элементов двоичной [4][5].

В данной статье проведено моделирование в САПР “Ковчег 3.02” и исследование триггера Данилова (по имени первого автора статьи) [5]. Перед исследованием и моделированием триггера, взятого из [5], изначально проведено моделирование элемента, реализующего функцию Вебба (рис.1.).

Результат моделирования троичного элемента, реализующего функцию Вебба (рис.2.), совпадает с результатом в [5] и представленной там таблицей истинности (ТИ) функции Вебба.

После реализации функции Вебба проведено моделирование троичного триггера Данилова (рис.3.).

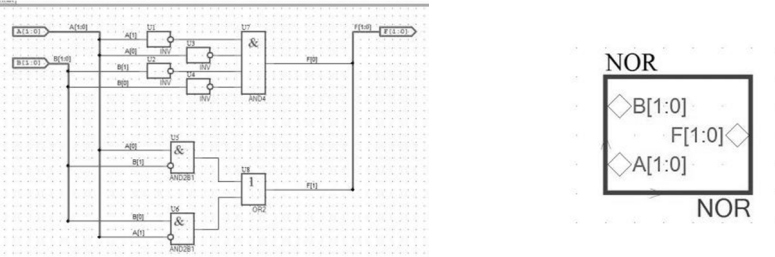


Рис.1. Троичный элемент, реализующий функцию Вебба в САПР “Ковчег 3.02” и его условное графическое обозначение (УГО)

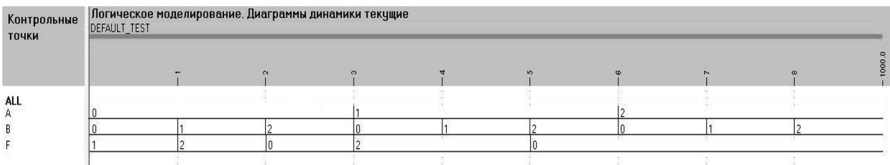


Рис.2. Результат моделирования функции Вебба в САПР “Ковчег 3.02”

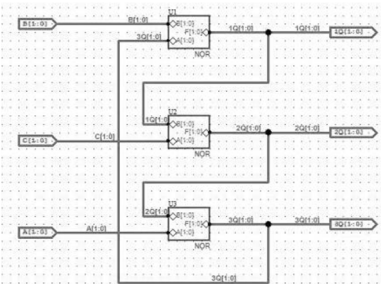


Рис.3. Троичный триггер Данилова в САПР “Ковчег 3.02”

Результат моделирования работы троичного триггера Данилова (рис.4.) в САПР “Ковчег 3.02” совпадает с ТИ троичного триггера из [5], но имеются отличия. При входном сигнале 010 на выходе троичного триггера – неопределенность (X), а результат в [5] на выходе – 120. Дальнейшие исследования показали, что такое же состояние неопределенности на выходах триггера проявляется еще при нескольких комбинациях входных

сигналов: 000, 001, 100. В статье [5] подобные входные комбинации сигналов всегда имеют результат, отличающийся от неопределенности. Исходя из названных расхождений, возникает задача изучить результаты выходных состояний при разных входных комбинациях. В троичной логике используется 3 числа (0,1,2), а в троичном триггере, каждый вход которого кодируется двумя битами, возможно 4 состояния входа (0,1,2,3), поэтому состояние 3 (11<sub>2</sub>) является запрещенным и не рассматривается при исследовании троичного триггера.

Сначала, не обращая внимания на предыдущие состояния, подадим на вход троичного триггера последовательно комбинацию всех возможных входных состояний (рис.5).

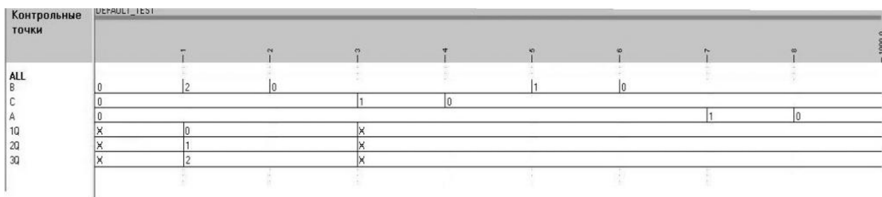


Рис. 4. Результат моделирования троичного триггера Данилова

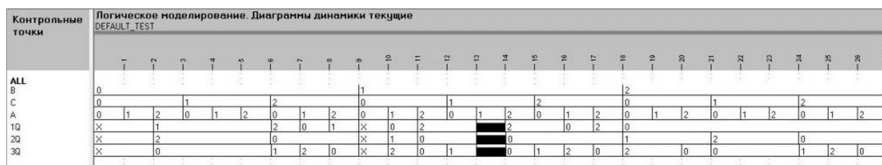


Рис. 5. Перебор входных комбинаций

Таблица 1. Выходные комбинации

Вход			Выход		
B	C	A	1Q	2Q	3Q
2	2	2	0	0	0
2	2	0	0	0	1
0	2	1	0	0	2
1	2	1			
2	2	1			
2	0	2			
1	0	1	0	1	2
2	0	0			
2	0	1			
2	1	0	0	2	0
2	1	1			
2	1	2			
0	2	2	1	0	0
0	0	2	1	2	0
0	1	1			
0	1	2			
1	0	2	2	0	0
1	1	2			
1	2	2			
0	2	0	2	0	1
1	1	0			
1	2	0			

Исходя из приведенного результата, видим, что возможно 11 выходных комбинаций: XXX, 000, 001, 002, 010, 012, 020, 100, 120, 200, 201. Этот вывод подтверждается результатами, приведенными в прил. 1, в котором представлена ТИ троичного триггера, полученная в САПР “Ковчег 3.02”.

Выводы по результатам анализа:

1. Любые из приведённых выше 10 выходных комбинаций (кроме XXX) можно применять как устойчивое троичное состояние для триггера.
2. Вне зависимости от предыдущего состояния, подавая определенные входные комбинации, можем получить одно из 11 стабильных выходных состояний (табл.1).
3. При входном сигнале 111 во всех предыдущих состояниях триггера (кроме XXX) наблюдается неустойчивое состояние выходов (рис.6.), пока длится входной сигнал.

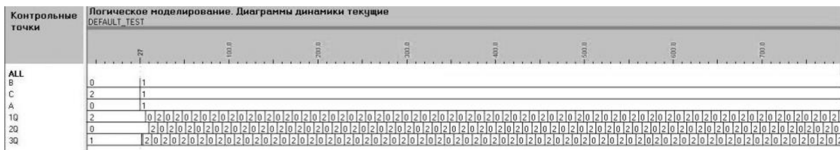


Рис.6. Неустойчивое состояние при входной комбинации 111

Неустойчивое состояние выходов представляет собой циклически повторяющиеся одни и те же 5 состояний выходов.

Приложение 1. ТИ троичного триггера

Время t		Время t+1	Время t		Время t+1	
ВСА	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q
000	201	201	200	XXX	001	XXX
001	201	XXX	200	XXX	001	XXX
002	201	120	200	120	001	120
010	201	201	200	XXX	001	XXX
011	201	120	200	120	001	120
012	201	120	200	120	001	120
020	201	201	200	201	001	201
021	201	002	200	002	001	002
022	201	100	200	100	001	100
100	201	201	200	201	001	XXX
101	201	012	200	012	001	012
102	201	200	200	200	001	200
110	201	201	200	201	001	201
111	201	Неуст. сост.	200	Неуст. сост.	001	Неуст. сост.
112	201	200	200	200	001	200
120	201	201	200	201	001	201
121	201	002	200	002	001	002
122	201	200	200	200	001	200
200	201	012	200	012	001	012
201	201	012	200	012	001	012
202	201	010	200	010	001	010
210	201	020	200	020	001	020
211	201	020	200	020	001	020
212	201	020	200	020	001	020
220	201	001	200	001	001	001
221	201	002	200	002	001	002
222	201	000	200	000	001	000
000	002	XXX	010	XXX	012	012
001	002	012	010	XXX	012	012
002	002	120	010	120	012	120
010	002	XXX	010	XXX	012	XXX
011	002	120	010	120	012	120

Время t		Время t+1	Время t	Время t+1	Время t	Время t+1
BCA	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q	1Q2Q3Q
012	002	120	010	120	012	120
020	002	201	010	201	012	201
021	002	002	010	002	012	002
022	002	100	010	100	012	100
100	002	XXX	010	XXX	012	012
101	002	012	010	012	012	012
102	002	200	010	200	012	200
110	002	201	010	201	012	201
111	002	Неуст.сост.	010	Неуст.сост.	012	Неуст.сост.
112	002	200	010	200	012	200
120	002	201	010	201	012	201
121	002	002	010	002	012	002
122	002	200	010	200	012	200
200	002	012	010	012	012	012
201	002	012	010	012	012	012
202	002	010	010	010	012	010
210	002	020	010	020	012	020
211	002	020	010	020	012	020
212	002	020	010	020	012	020
220	002	001	010	001	012	001
221	002	002	010	002	012	002
222	002	000	010	000	012	000

### Список литературы

1. *Богомолов, Б.К.* О роли атомов хлора при травлении кремния в плазме  $CF_2Cl_2/O_2$ / Б.К. Богомолов // Труды XIV Международной научно-технической конференции Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2018. Новосибирск. 2-6 октября 2018 г.: в 8 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. –Т.2. –С. 93-98.
2. *Bogomolov, B.K.* The role of chlorine atoms in etching silicon in the plasma of  $CF_2Cl_2/O_2$ / В.К. Bogomolov // 2018 14<sup>th</sup> International scientific-technical conference on actual problems of electronic instrument engineering (APEIE) – 44894. –2018. –V.1. – October 2-6. Novosibirsk: NSTU. – P. 122-127.
3. *Брусенцов, Н.П.* Использование троичного кода и трехзначной логики в цифровых машинах/ Н.П. Брусенцов // Научный отчет № 24ВТ(378). М.: МГУ., 969. – С. 27.
4. *Султанов, И.А.* Исследование элементов троичной логики на примере троичного инвертора/ И.А. Султанов // Молодой ученый. –2016. –Ч.II. –№28 (132). – С. 182-194.
5. *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.

*Материал поступил в редколлегию 12.10.18.*