

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО
ИНСТИТУТ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ

ВЫСШАЯ ШКОЛА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ И СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лабораторная работа №3

Синтез последовательностных схем. Счетчики.
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АРХИТЕКТУРЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ»

Выполнил студент:

Крутецкий Семен Павлович

Группа: з3530903/00301

Руководитель:

доцент, к.т.н

Вербова Наталья Михайловна

Санкт-Петербург, 2022 г.

Содержание

Синтез не двоичного вычитающего счетчика	2
Построение аналитической модели	2
Построение счетчика в Multisim	4
K155ИЕ6	5
Построение демонстрационной модели K155ИЕ6	5
Исследование счетчика при суммировании в динамике	8
K155ИЕ6	9
Построение счетчика	9
Вывод	10

Синтез не двоичного вычитающего счетчика

Построение аналитической модели

Исходя из условия необходимо построить не двоичный вычитающий счетчик с $K_{\text{СЧ}} = 5$. Первоначально определим количество триггеров необходимых для построения. Для расчета воспользуемся следующим соотношением:

$$m \geq \lceil \log_2 M \rceil \approx 2.32 \Rightarrow m = 3$$

Далее произведем расчет избыточных состояний счетчика:

$$N = 2^m - K_{\sim} = 8 - 5 = 3$$

Имеем 3 избыточных состояния, которые необходимо исключить из возможных состояний счетчика. Исключим следующие состояния: $\overline{Q_1} \overline{Q_2} \overline{Q_3}$, $Q_1 \overline{Q_2} \overline{Q_3}$, $\overline{Q_1} Q_2 \overline{Q_3}$.

Затем необходимо определить порядок изменения состояний счетчика. При составлении порядка необходимо учесть, что необходимо построить *вычитающий* счетчик, а значит номер каждого последующего состояния должен быть на единицу меньше предшествующего. Имеем итоговый порядок состояний:

$$Q_1 Q_2 Q_3 \rightarrow \overline{Q_1} Q_2 Q_3 \rightarrow Q_1 \overline{Q_2} Q_3 \rightarrow \overline{Q_1} \overline{Q_2} Q_3 \rightarrow Q_1 Q_2 \overline{Q_3} \rightarrow Q_1 Q_2 Q_3 \rightarrow \dots$$

На основании построенного порядка переходов состояния счетка построим таблицу функционирования:

№	Q_1^t	Q_2^t	Q_3^t	Q_1^{t+1}	Q_2^{t+1}	Q_3^{t+1}
0	1	1	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0	1
2	1	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	1	0
4	1	1	0	1	1	1

Таблица 1: Таблица функционирования счетчика

На основании таблицы функционирования счетчика были составлены прикладные таблицы для каждого триггера счетчика. Данные таблицы отражают переход конкретного триггера из предыдущего состояния в следующее. В составленных таблицах, в клетках пересечения указаны двоичные числа, отражающие переход триггера при изменении состояния автомата. Пустые клетки соответствуют исключенным состояниям.

$Q_1^t \rightarrow Q_1^{t+1}$	Q_2	Q_2	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_2}$
Q_3	01	10	10	01
$\overline{Q_3}$	-	11	-	-
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 2: Прикладная таблица Q_1

$Q_2^t \rightarrow Q_2^{t+1}$	Q_2	Q_2	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_2}$
Q_3	10	11	00	01
$\overline{Q_3}$	-	11	-	-
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 3: Прикладная таблица Q_2

$Q_3^t \rightarrow Q_3^{t+1}$	Q_2	Q_2	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_2}$
Q_3	11	11	11	10
$\overline{Q_3}$	-	01	-	-
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 4: Прикладная таблица Q_3

В качестве элементной базы выберем триггеры J-K типа К155ТВ1, в виду их универсальности. Характеристическая таблица J-K триггера:

$Q^t \rightarrow Q^{t+1}$	J^t	K^t
00	0	*
01	1	*
10	*	1
11	*	0

Таблица 5: Характеристическая таблица для J-K-триггера

Опираясь на характеристическую таблицу триггера построим карты Карно для J и K входов заменив двоичные значения на пересечения соответствующими значениями из характеристической таблицы.

J_1	Q_2	Q_2	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_2}$
Q_3	1	*	*	1
$\overline{Q_3}$	-	*	-	-
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 6: Карта Карно для J_1

J_2	Q_2	Q_2	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_2}$
Q_3	*	*	0	1
$\overline{Q_3}$	-	*	-	-
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 8: Карта Карно для J_2

J_3	Q_2	Q_2	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_2}$
Q_3	*	*	*	*
$\overline{Q_3}$	-	1	-	-
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 10: Карта Карно для J_3

K_1	Q_2	Q_2	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_2}$
Q_3	*	1	1	*
$\overline{Q_3}$	-	0	-	-
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 7: Карта Карно для K_1

K_2	Q_2	Q_2	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_2}$
Q_3	1	0	*	*
$\overline{Q_3}$	-	0	-	-
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 9: Карта Карно для K_2

K_3	Q_2	Q_2	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_2}$
Q_3	0	0	0	1
$\overline{Q_3}$	-	*	-	-
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 11: Карта Карно для K_3

Ниже приведены полученные логические функции входов всех трех триггеров:

$$\begin{aligned} J_1^t &= 1 & K_1^t &= Q_3 \\ J_2^t &= \overline{Q_1} & K_2^t &= \overline{Q_1} \\ J_3^t &= 1 & K_3^t &= \overline{Q_1} \overline{Q_2} \end{aligned}$$

При построение логических функций было учтено, что в клетках с * функция неопределенна, а значит данные клетки можно интерпретировать по своему усмотрению.

Построение счетчика в Multisim

На основании составленных ранее логических функций входов составим модель (рис. 1).

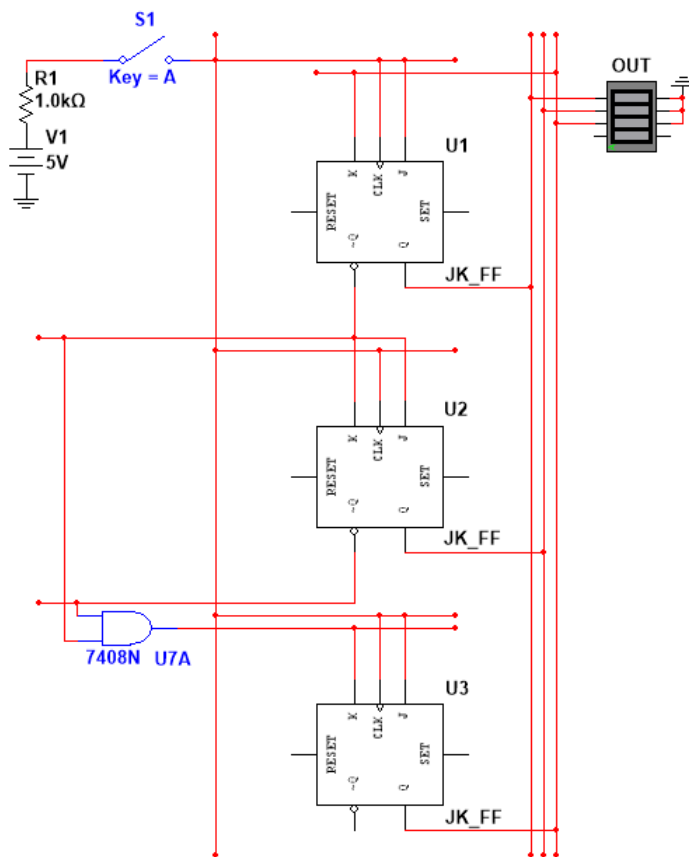


Рис. 1: Модель счетчика

Протестируем составленную схему. Для проверки будем последовательно подавать входные сигналы на триггеры, на выходе ожидаем последовательное переключение индикатора OUT ($Q_1 Q_2 Q_3$ сверху-вниз) в соответствие с порядком

$$Q_1 Q_2 Q_3 \rightarrow \overline{Q_1} Q_2 Q_3 \rightarrow Q_1 \overline{Q_2} Q_3 \rightarrow \overline{Q_1} \overline{Q_2} Q_3 \rightarrow Q_1 Q_2 \overline{Q_3} \rightarrow Q_1 Q_2 Q_3 \rightarrow \dots$$



Результат соответствует ожиданию.

K155IE6

Построение демонстрационной модели K155IE6

В данной части построим синхронный счетчик K155IE6. Данный счетчик имеет несколько входов:

- A-B — информационный численны вход
- $\sim\text{LOAD}$ — при установленной логической 1 загружает значение из информационного входа
- CLR — сбрасывает текущее значение счетчика при установленной логической единице
- UP и DOWN — производит счет +1 и -1 соответственно. Счет происходит по положительному перепаду входного сигнала ($0 \rightarrow 1$)

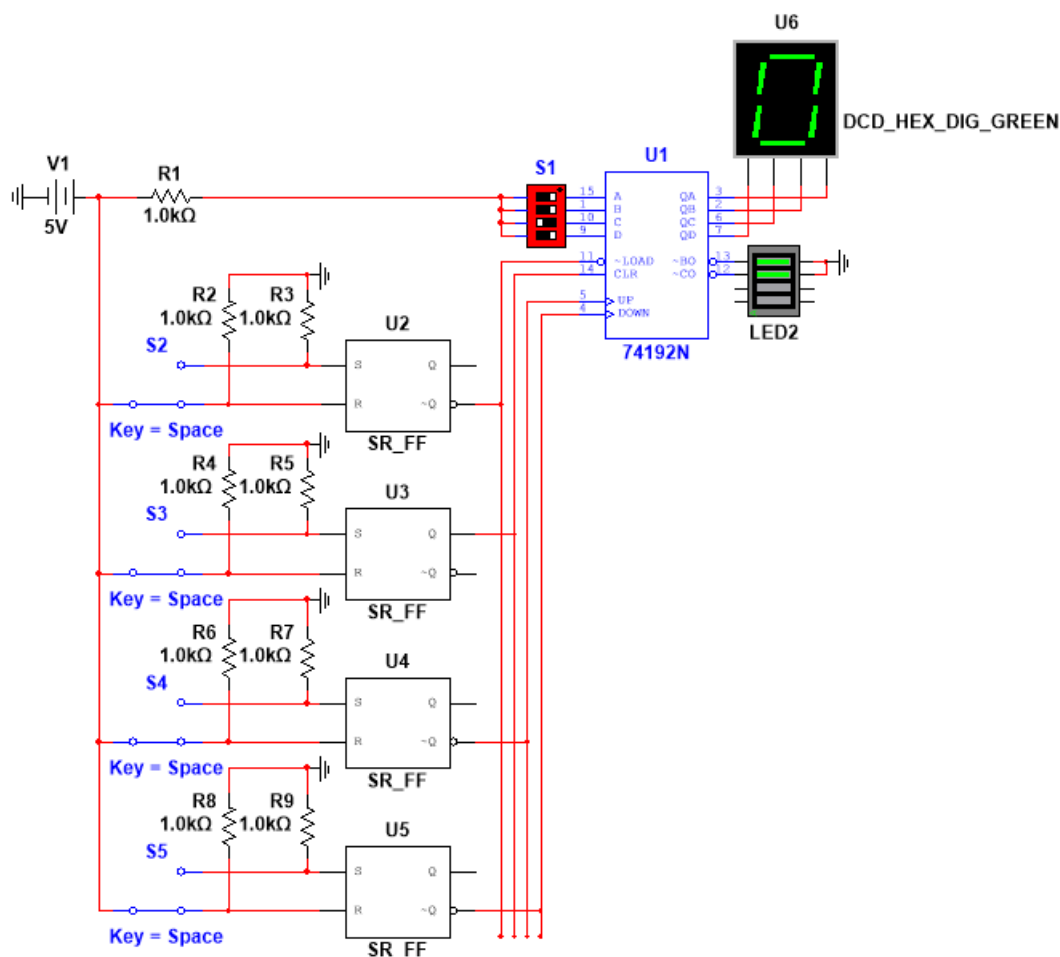


Рис. 2: Счетчик K155IE6

Выше представлена демонстрационная модель с счетчиком K155IE6. Протестируем работы счетчика на данной модели.

Загрузка значения в счетчик. Для загрузки значения выставим переключатели информационных входов, например, в значение 9. Затем на вход LOAD подадим логическую 1.

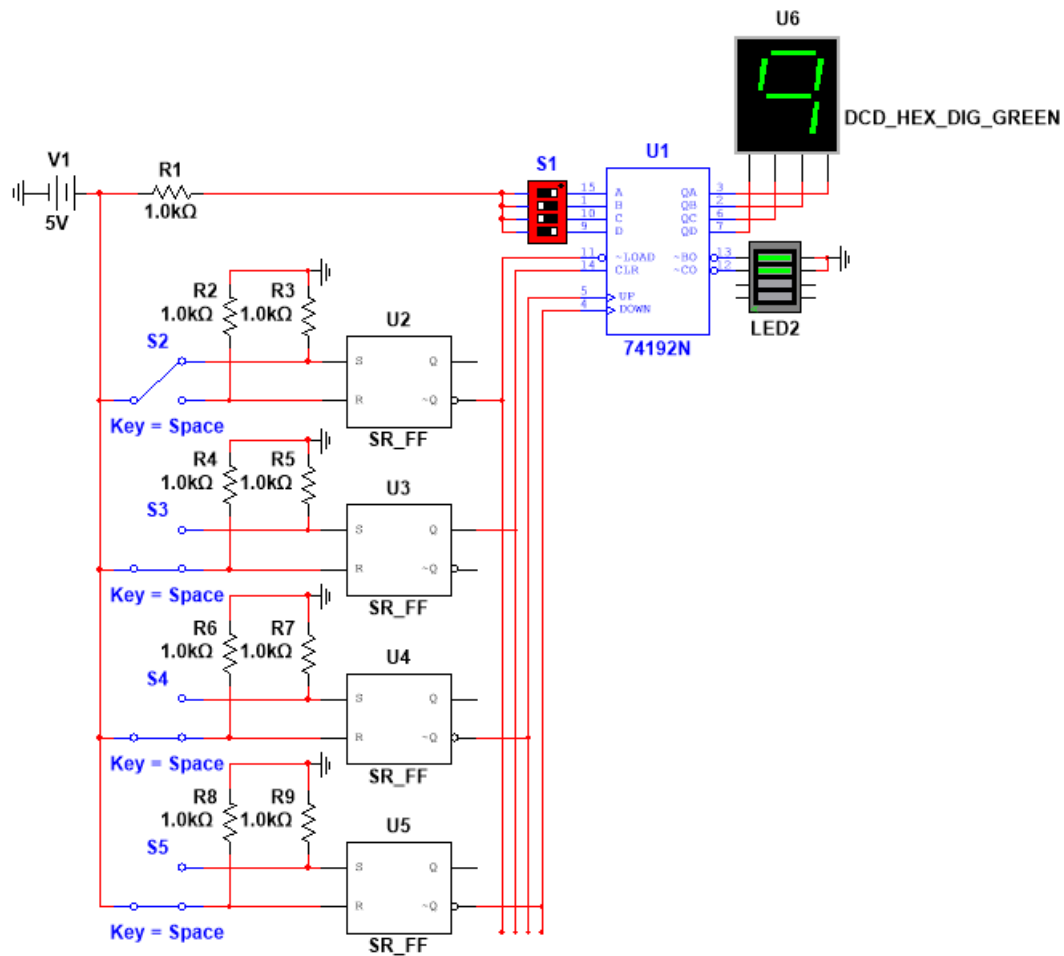


Рис. 3: Загрузка значения 9 в счетчик

На дисплее видим значение 9_{16} . Результата соответствует ожиданию.

Сброс установленного значения. Для сброса значения необходимо подать логическую 1 на вход CLR. Сбросим ранее загруженную 9, ожидаем на дисплее значение 0₁₆.

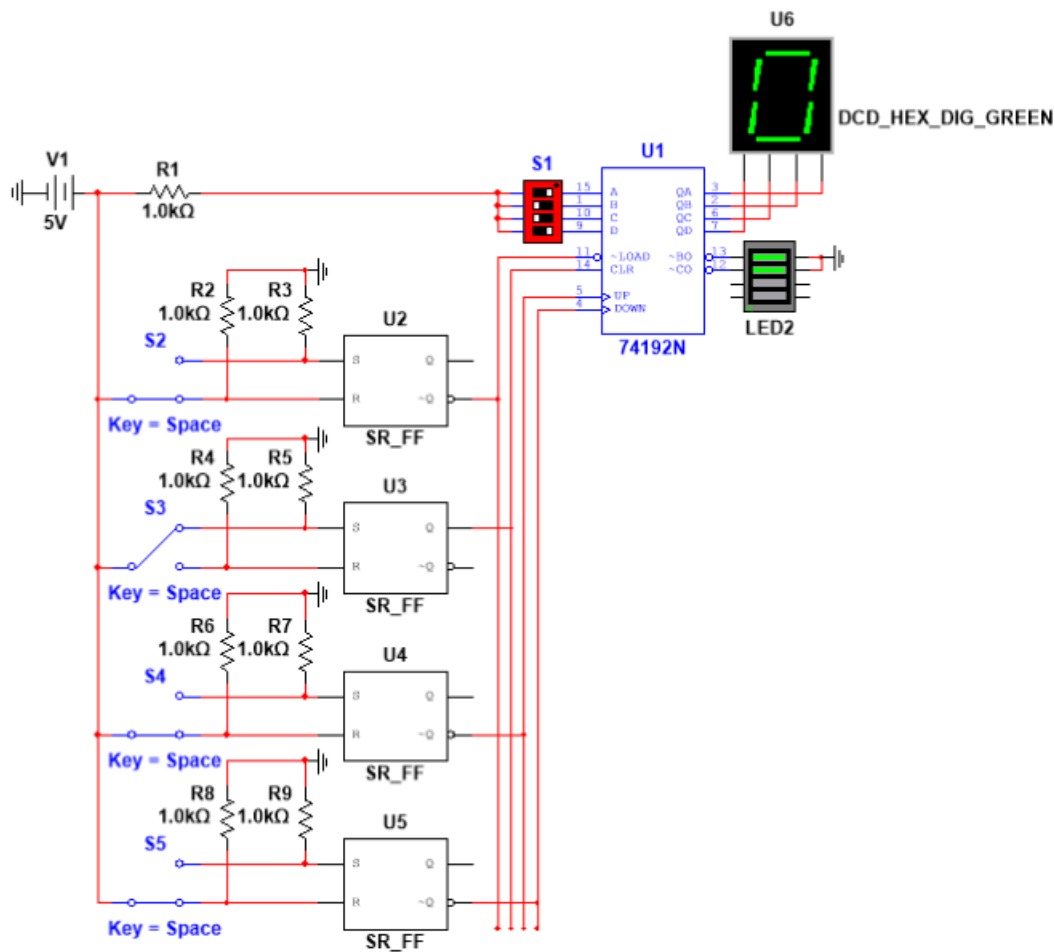


Рис. 4: Сброс значения счетчика

Видим на дисплее значение 0₁₆. Результат соответствует ожиданию. К слову, вход сброса значения имеет приоритет над входом загрузки - нельзя загрузить значение, если на вход сброса подана 1.

Инкремент и декремент значения. Загрузим в счетчик значение 5, на вход UP последовательно будем подавать перепад 0 → 1. Ожидаем увеличение значения на 1 при каждой интерации. Значение ожидаемо увеличивается на 1. Аналогично был проверен декремент.

Исследование счетчика при суммировании в динамике

Подключим вход UP к периодичному источнику сигнала. Выходы подключим к логическому анализатору. Выставив частоту источника пронаблюдаем изменения значения на дисплее и в логическом анализаторе. Видоизменная схема счетчика представлена ниже.

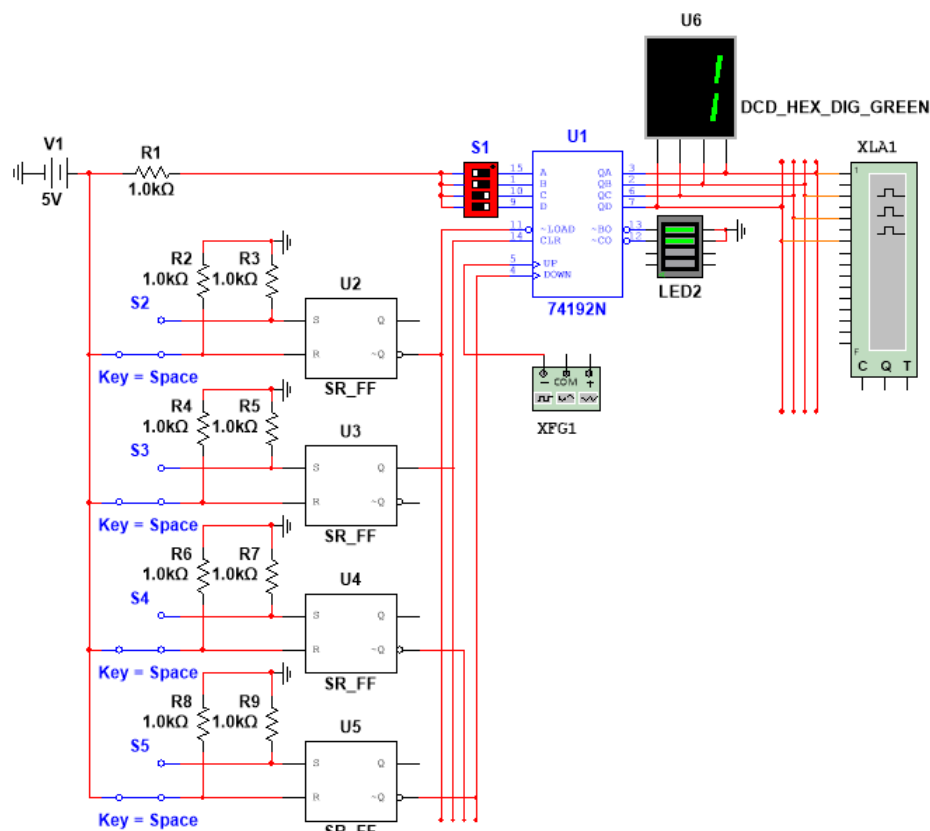


Рис. 5: Счетчик с анализатором

В анализаторе видно порядок изменения сигналов на выходе. Изменения соответствуют изменениям значения на дисплее.

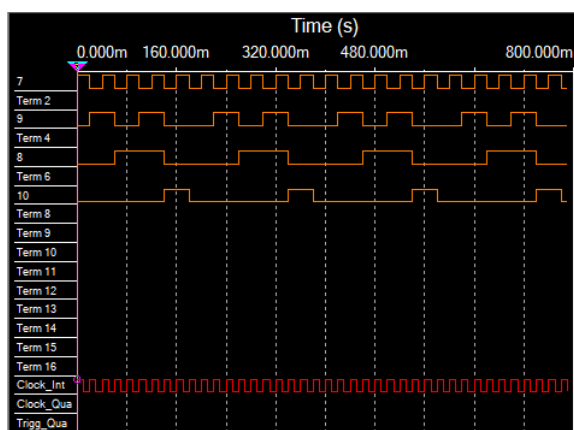


Рис. 6: Анализатор

Суммирующий счётчик с $K_{СЧ} = 6$

Построение счетчика

Для построение счетчика с коэффициентом пересчета на основе К155ИЕ6 необходимо определить условия сброса. Поскольку требуется построить коэффициент пересчета 6, то необходимо производить сброс, когда значение коэффициента равняется $6_{10} = 0110_2$.

Далее определим управляющую функцию, которая при выходе счетчика равном 0110 будет передавать логическую 1 на вход сброса счетчика.

$$Y = \overline{X}_0 X_1 X_2 \overline{X}_3$$

Согласно управляющей функции построим модуль и подключим его в выходам счетчика. Управляющий сигнал модуля подключим к входу сброса через логическое ИЛИ, чтобы сброс происходил либо по входному сигналу сброса, либо при выходе счетчика 0110.

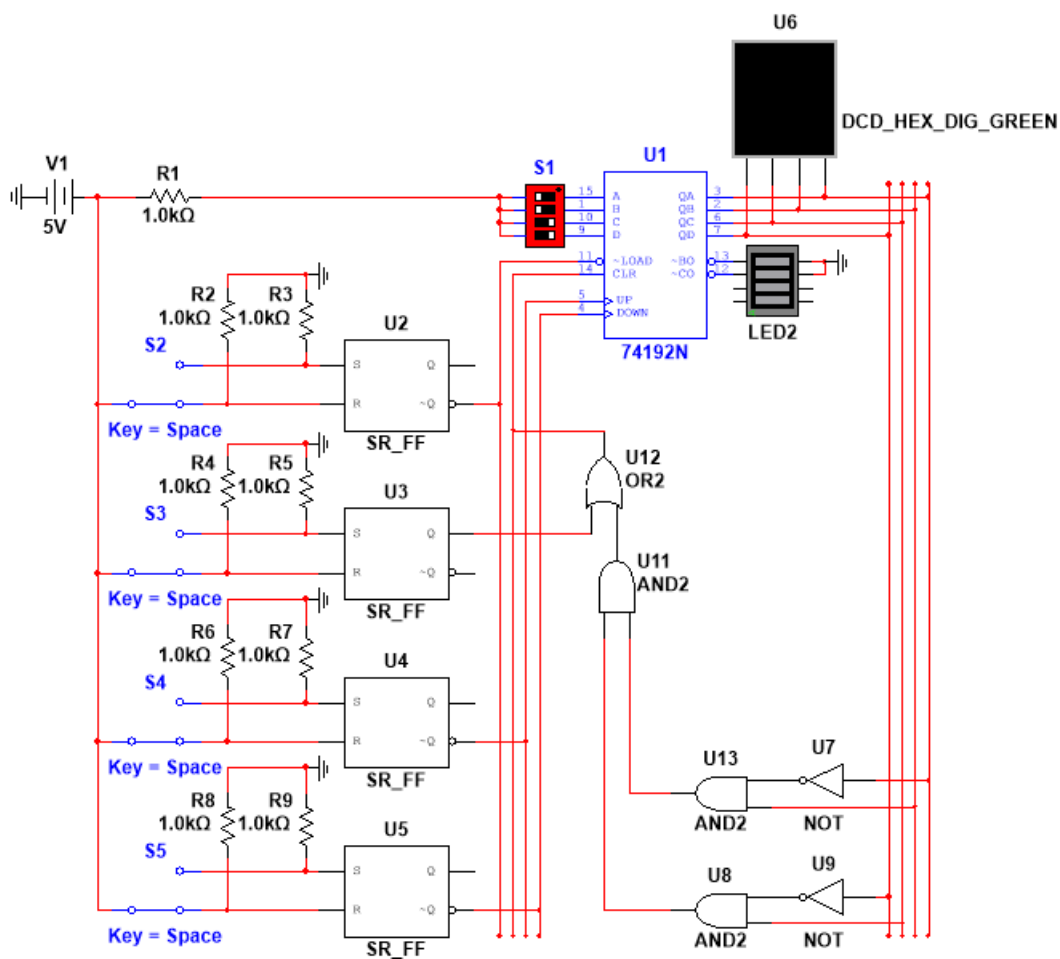


Рис. 7: Суммирующий счетчик с $K_{СЧ} = 6$

Счетчик был протестирован. Коэффициент пересчета соответствует ожиданию.

Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы были построены модели счетчика с коэффициентом пересчета равным 5; демонстрационная модель счетчика K155IE6 и счетчик с коэффициентом пересчета равным 6.

Разобраны принципы работы счетчика и особенности работы счетчика K155IE6.