



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Московский государственный технический университет**  
**имени Н.Э. Баумана**  
**(национальный исследовательский университет)»**  
**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

---

**ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**КАФЕДРА ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ (ИУ7)**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.04 ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

**ОТЧЕТ**

**По лабораторной работе № 3**

**Название:** Исследование синхронных счетчиков

**Дисциплина:** Архитектура ЭВМ

Студент

ИУ7-44Б

(Группа)

Н. А. Гурова

(Подпись, дата)

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

(Подпись, дата)

(И.О. Фамилия)

Москва, 2021

## Цель работы

Изучение принципов построения счетчиков, овладение методом синтеза синхронных счетчиков, экспериментальная оценка динамических параметров счетчиков, изучение способов наращивания разрядности синхронных счетчиков.

## Задание

1. Исследование четырехразрядного синхронного суммирующего счетчика с параллельным переносом на Т-триггерах.

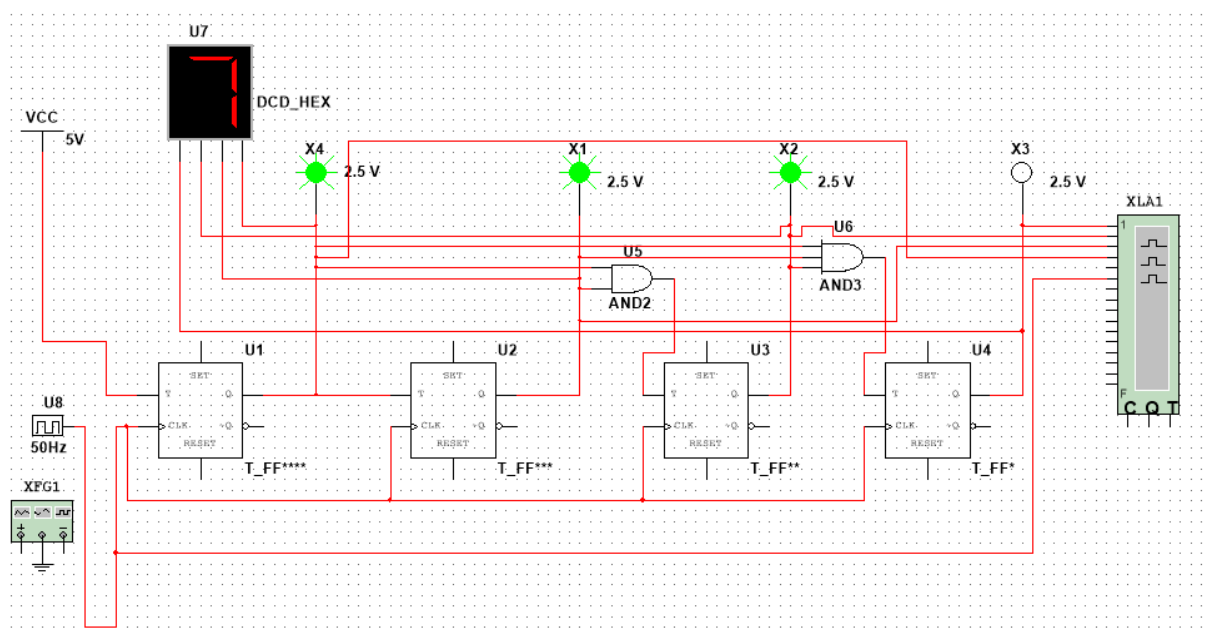


Рис. 1 (схема от импульсного генератора)

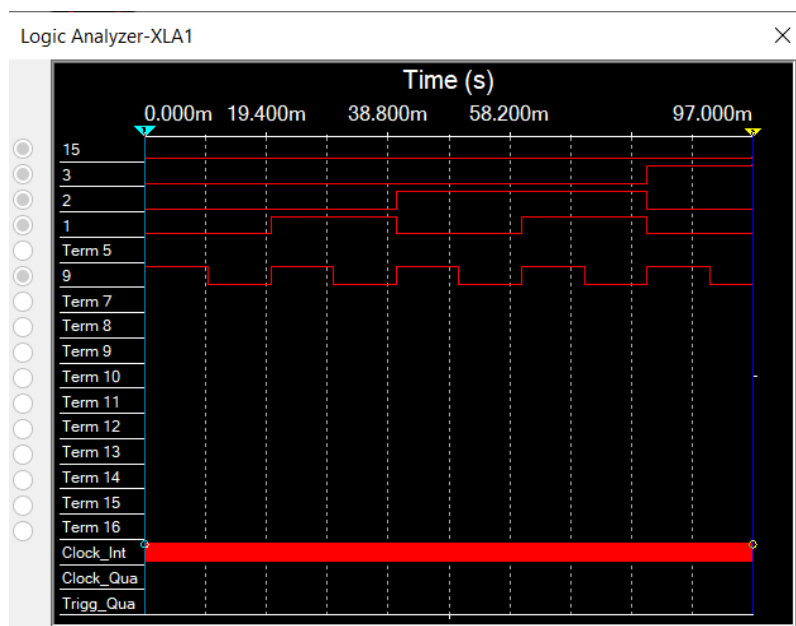


Рис. 2 (временная диаграмма для схемы на рис. 1)

Анализ задержки:

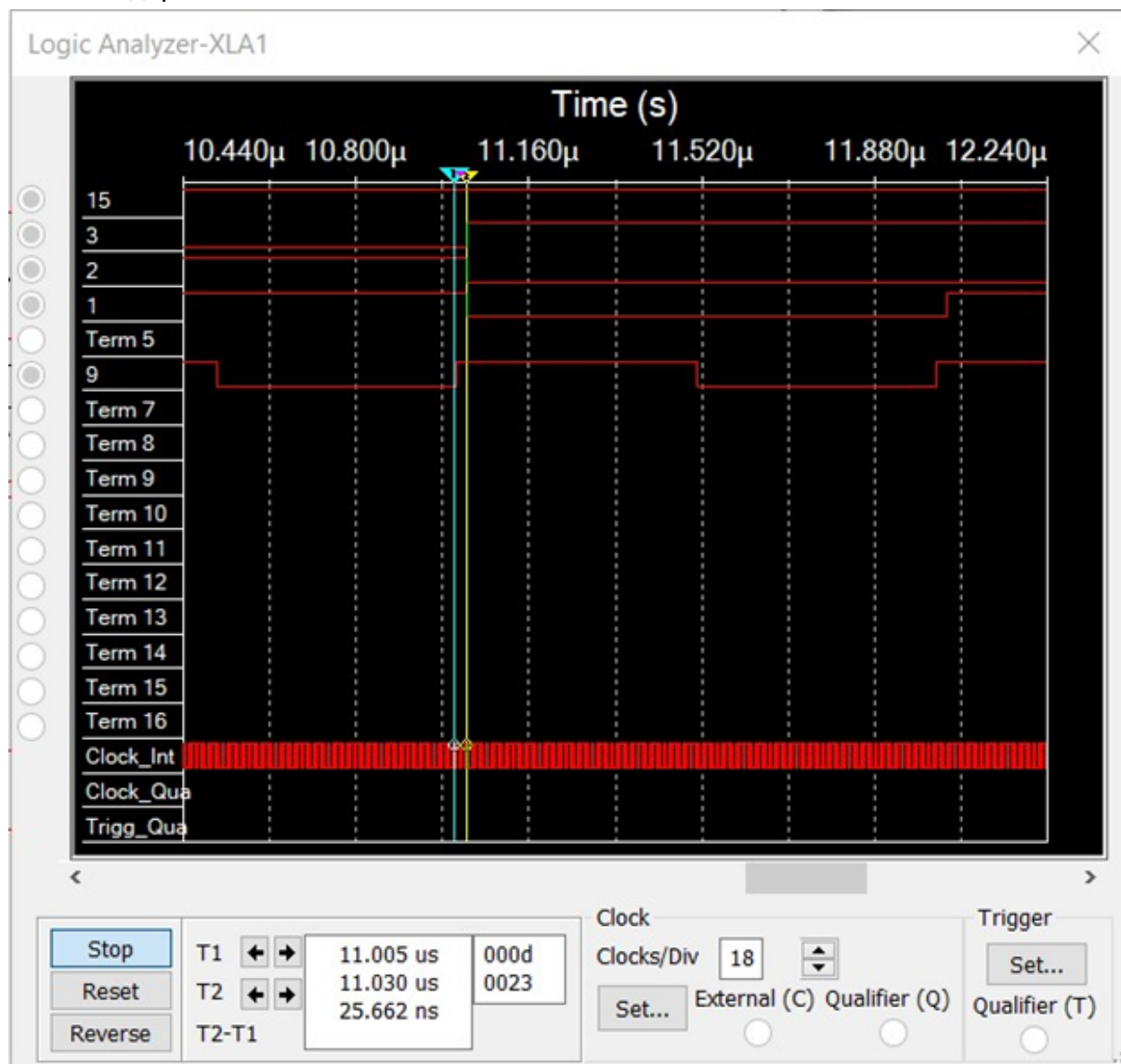


Рис. 3 (временная диаграмма для определения времени задержки)

Получена задержка равна 25.662 ms.

2. Синтезировать двоично-десятичный счетчик с заданной последовательностью состояний.  
Вариант 3

	0	1	4	5	7	8	10	12	14	15						
#	Время t				Время t + 1				Время t счетчик на JK-тригерах Функции возбуждения JK-тригеров							
	Q3	Q2	Q1	Q0	Q3	Q2	Q1	Q0	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	a	0	a	0	a	1	a
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	a	1	a	0	a	a	1
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	a	a	0	0	a	1	a
5	0	1	0	1	0	1	1	1	0	a	a	0	1	a	a	0
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	a	a	1	a	1	a	1
8	1	0	0	0	1	0	1	0	a	0	0	a	1	a	0	a
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1	0	1	0	1	1	0	0	a	0	1	a	a	1	0	a
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	1	1	0	0	1	1	1	0	a	0	a	0	1	a	0	a
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	1	1	1	0	1	1	1	1	a	0	a	0	a	0	1	a
15	1	1	1	1	0	0	0	0	a	1	a	1	a	1	a	1

Рис. 4 (таблица счетчика)

Минимизация:

J0					K0						
q1q0		q3q2				q1q0		q3q2			
		00	01	11	10			00	01	11	10
00		1	a	-	-	00		a	1	-	-
01		1	a	a	-	01		a	0	1	-
11		0	-	a	1	11		a	-	1	a
10		0	-	-	0	10		a	-	-	a
J0 = -q3 + q2q1					K0=-q3-q2 + q1						
J1					K1						
q1q0		q3q2				q1q0		q3q2			
		00	01	11	10			00	01	11	10
00		0	0	-	-	00		a	a	-	-
01		0	1	a	-	01		a	a	1	-
11		1	-	a	a	11		a	-	1	0
10		1	-	-	a	10		a	-	-	1
J1 = q3 + q2q0					K1 = -q2 + q0						

J2						K2					
q1q0						q1q0					
q3q2		00	01	11	10	q3q2		00	01	11	10
00		0	1	-	-	00		a	a	-	-
01		a	a	a	-	01		0	0	1	-
11		a	-	a	a	11		0	-	1	0
10		0	-	-	1	10		a	-	-	a
J2 = q1 + q0						K2 = q1q0					
J3						K3					
q1q0						q1q0					
q3q2		00	01	11	10	q3q2		00	01	11	10
00		0	0	-	-	00		a	a	-	-
01		0	0	1	-	01		a	a	a	-
11		a	-	a	a	11		0	-	1	0
10		a	-	-	a	10		0	-	-	0
J3 = q1						K3 = q0					

Рис. 5 (карты Карно)

Итоговая схема:

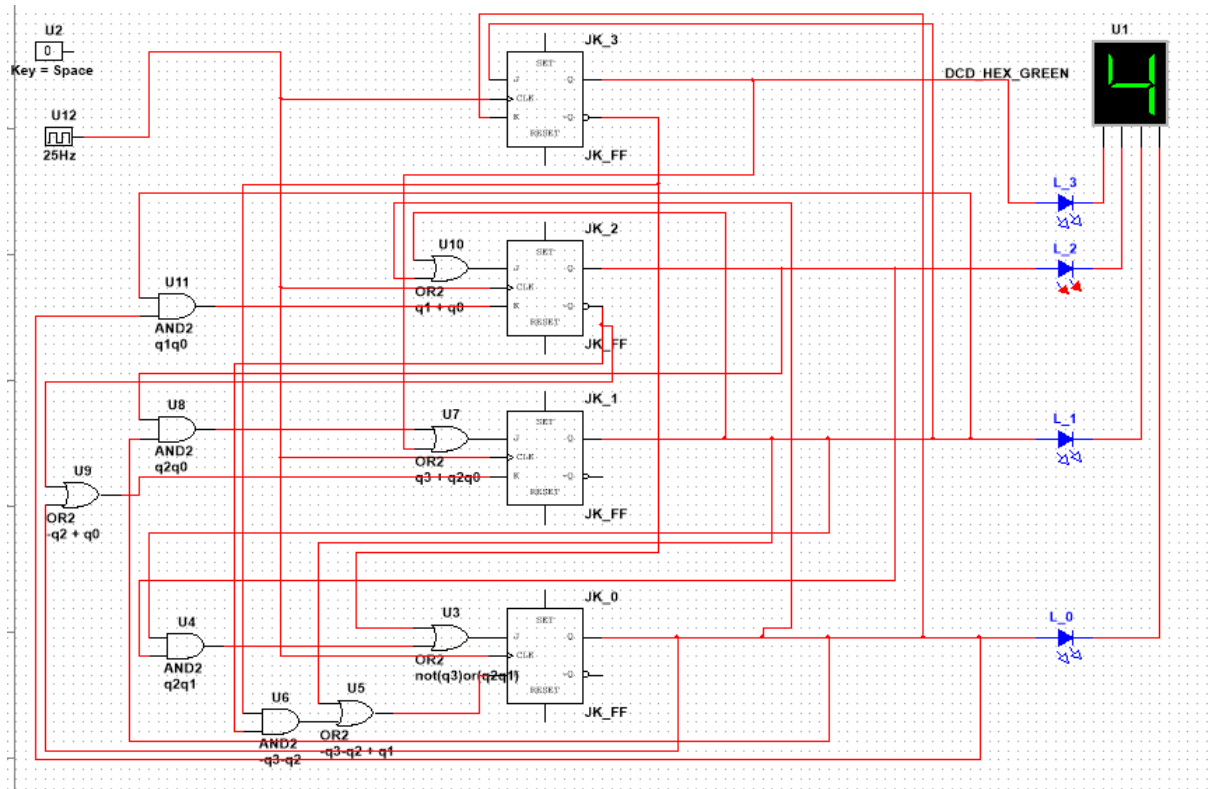


Рис. 6 (схема двоично-десятичного счетчика)

3. Собрать десятичный счетчик

№ п.п.	Время t.				Время t+1.				Время t Счетчик на JK-триггерах.							
									Функции возбуждения JK-триггеров							
	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_3^*$	$Q_2^*$	$Q_1^*$	$Q_0^*$	$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	$\alpha$	0	$\alpha$	0	$\alpha$	1	$\alpha$
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	$\alpha$	0	$\alpha$	1	$\alpha$	$\alpha$	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	$\alpha$	0	$\alpha$	$\alpha$	0	1	$\alpha$
3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	$\alpha$	1	$\alpha$	$\alpha$	1	$\alpha$	1
4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	$\alpha$	$\alpha$	0	0	$\alpha$	1	$\alpha$
5	0	1	0	1	0	1	1	0	0	$\alpha$	$\alpha$	0	1	$\alpha$	$\alpha$	1
6	0	1	1	0	0	1	1	1	0	$\alpha$	$\alpha$	0	$\alpha$	0	1	$\alpha$
7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	$\alpha$	$\alpha$	1	$\alpha$	1	$\alpha$	1
8	1	0	0	0	1	0	0	1	$\alpha$	0	0	$\alpha$	0	$\alpha$	1	$\alpha$
9	1	0	0	1	0	0	0	0	$\alpha$	1	0	$\alpha$	0	$\alpha$	$\alpha$	1

Рис. 7 (таблица счетчика)

Результат минимизации:

$$\begin{aligned}
 J_3 &= Q_2 Q_1 Q_0, & K_3 &= Q_0, & J_2 &= K_2 = Q_1 Q_0, & J_1 &= \bar{Q}_3 Q_0, \\
 K_1 &= Q_0, \\
 J_0 &= K_0 = 1; \\
 D_3 &= Q_2 Q_1 Q_0 \vee Q_3 \bar{Q}_0, & D_2 &= Q_2 \bar{Q}_1 \vee Q_2 \bar{Q}_0 \vee \bar{Q}_2 Q_1 Q_0, \\
 D_1 &= \bar{Q}_3 \bar{Q}_1 Q_0, & D_0 &= \bar{Q}_0.
 \end{aligned}$$

Рис. 8 (результат минимизации)

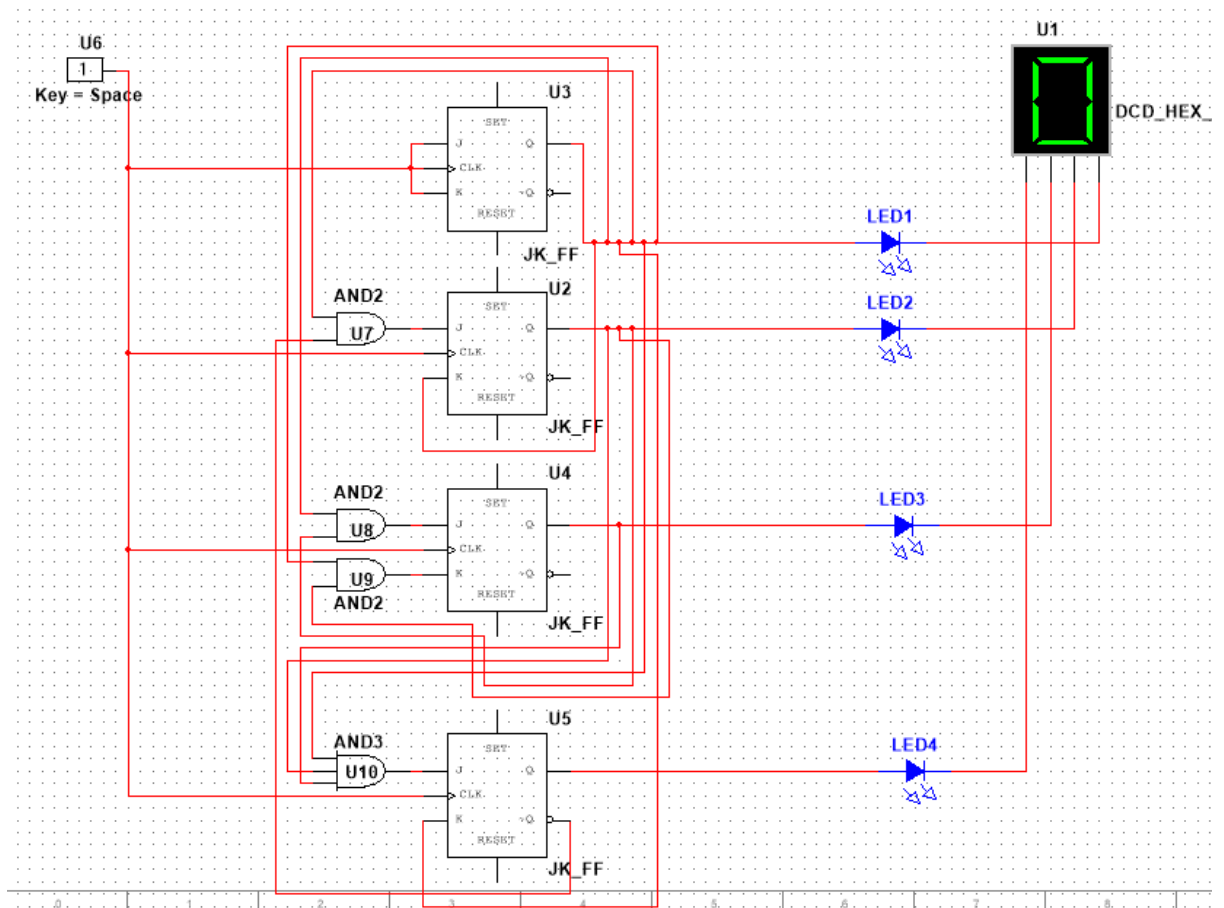


Рис. 9 (схема десятичного счетчика)

#### 4. Четырехразрядный суммирующий счетчик с параллельным переносом.

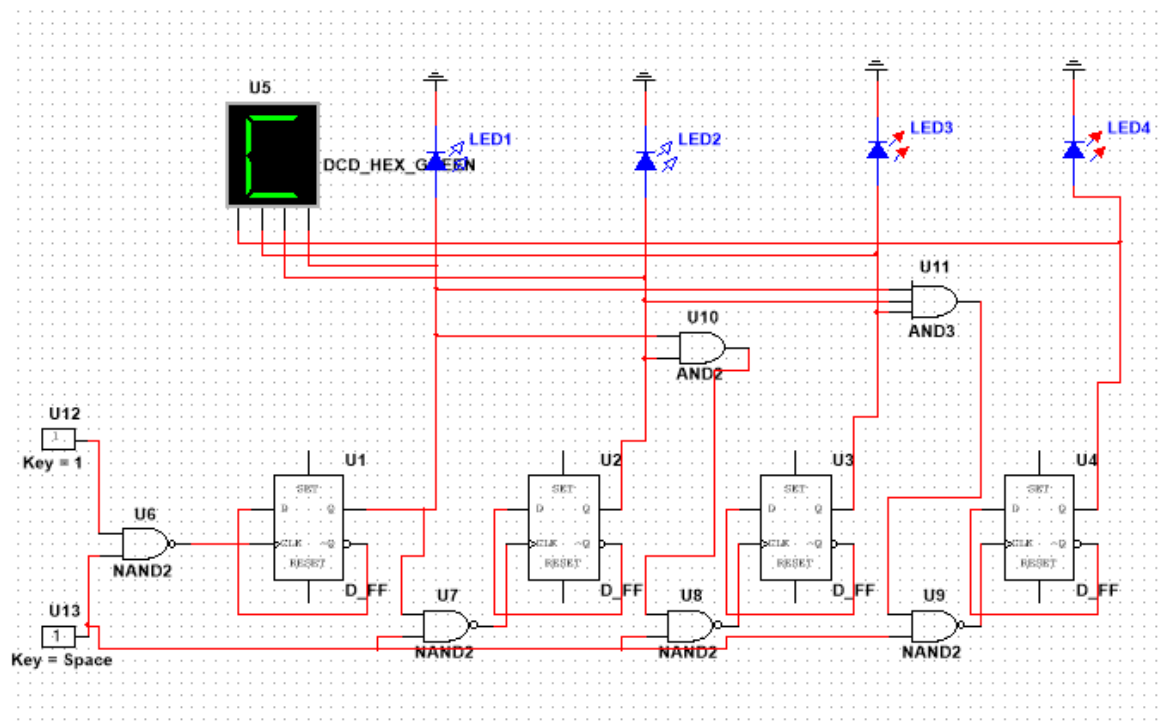


Рис. 10 (схема от одиночных импульсов)

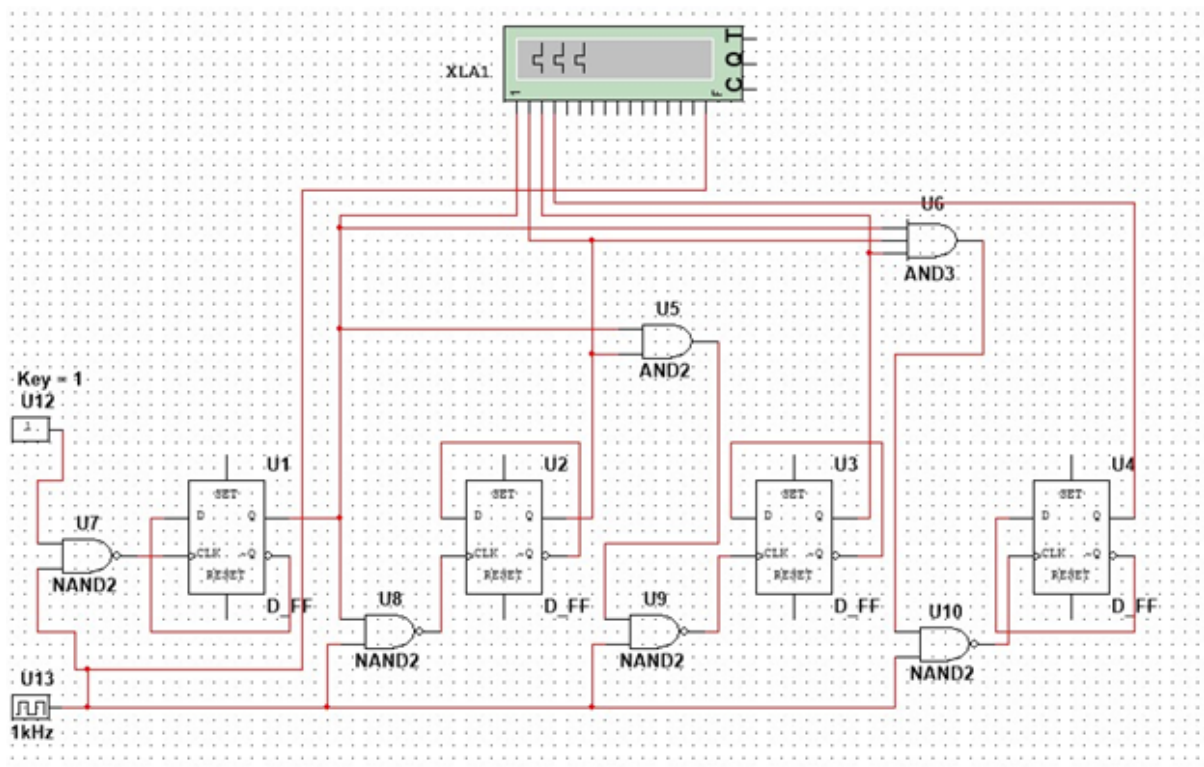


Рис. 11 (схема от импульсного генератора)

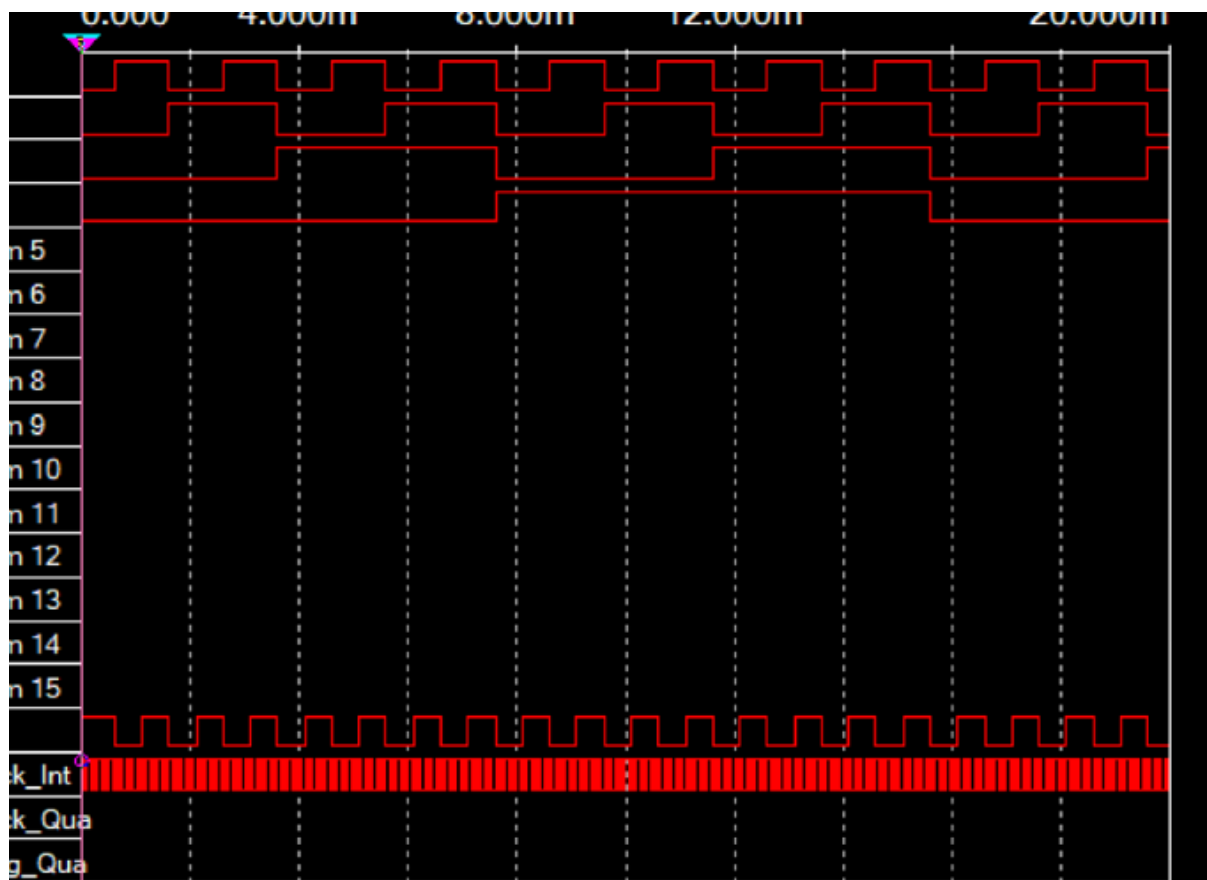


Рис. 12 (временная диаграмма для схемы на рис.11)



5. Исследование четырехразрядного синхронного суммирующего счетчика с параллельным переносом ИС K555IE9, аналог ИС 74LS160.

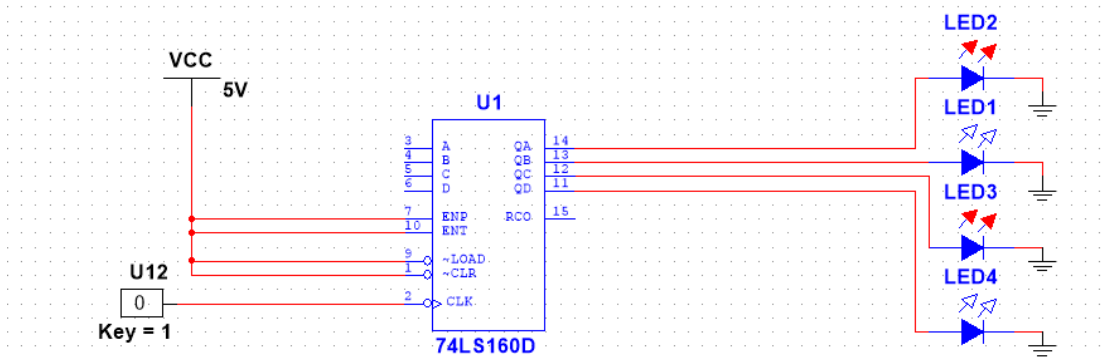


Рис. 13 (схема от одиночных импульсов)

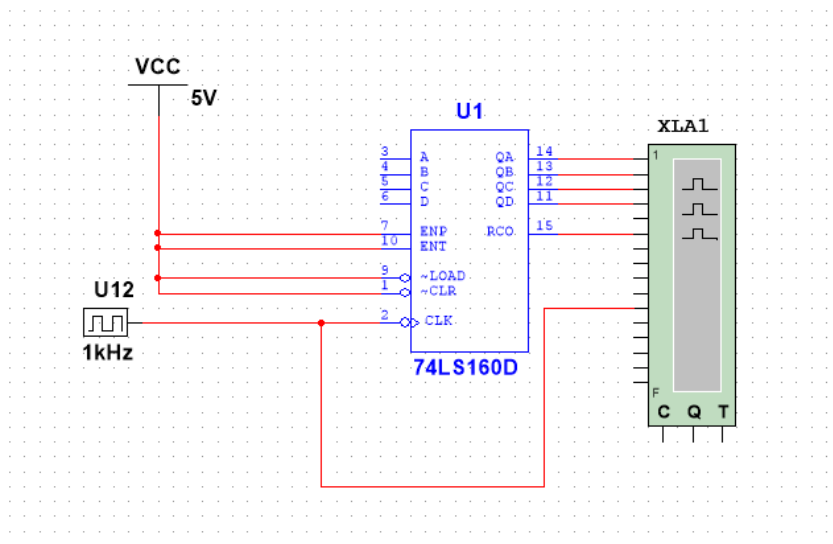


Рис. 14 (схема от импульсного генератора)

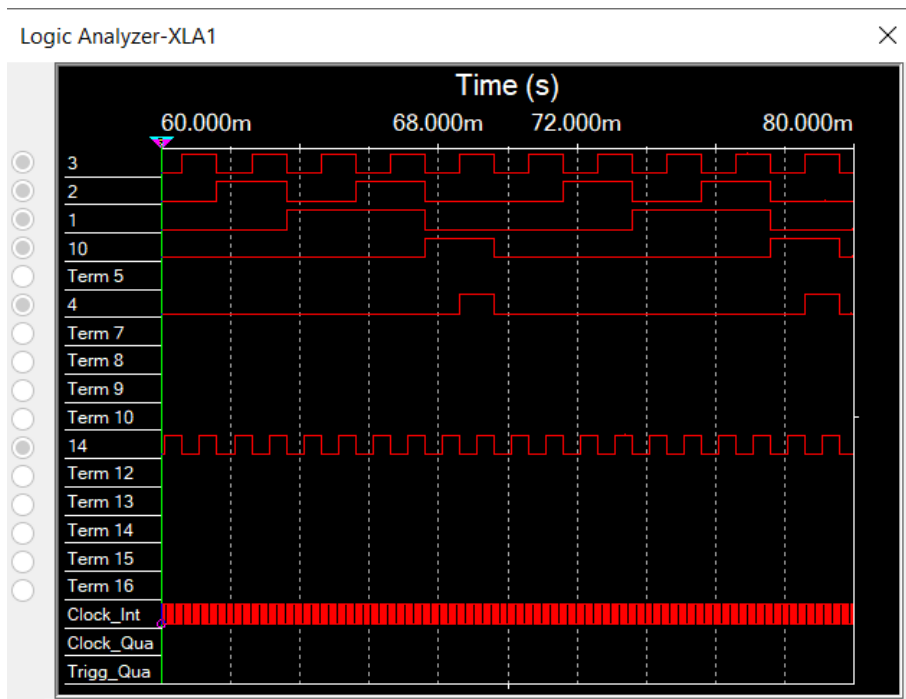


Рис. 15  
(временная  
диаграмма  
для схемы на  
рис.14)

6. Исследование схем наращивания разрядности счетчиков ИЕ9 до четырех секций с последовательным переносом между секциями и по структуре «быстрого» счета.

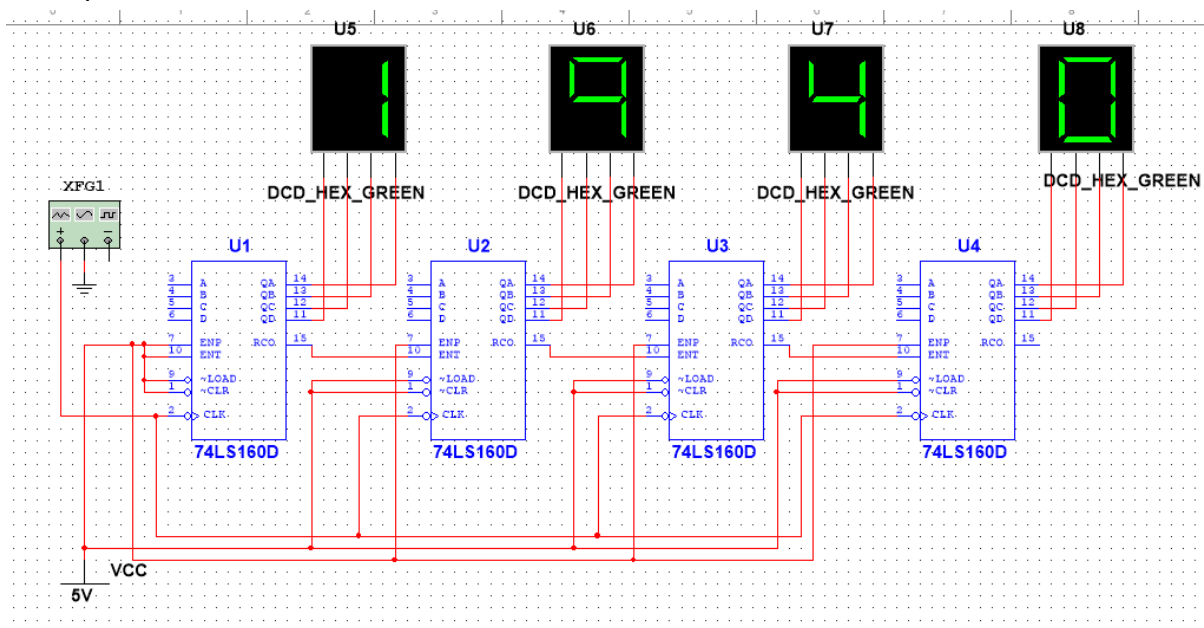


Рис. 16 (схема наращивания разрядности счетчиков по структуре «быстрого» переноса)

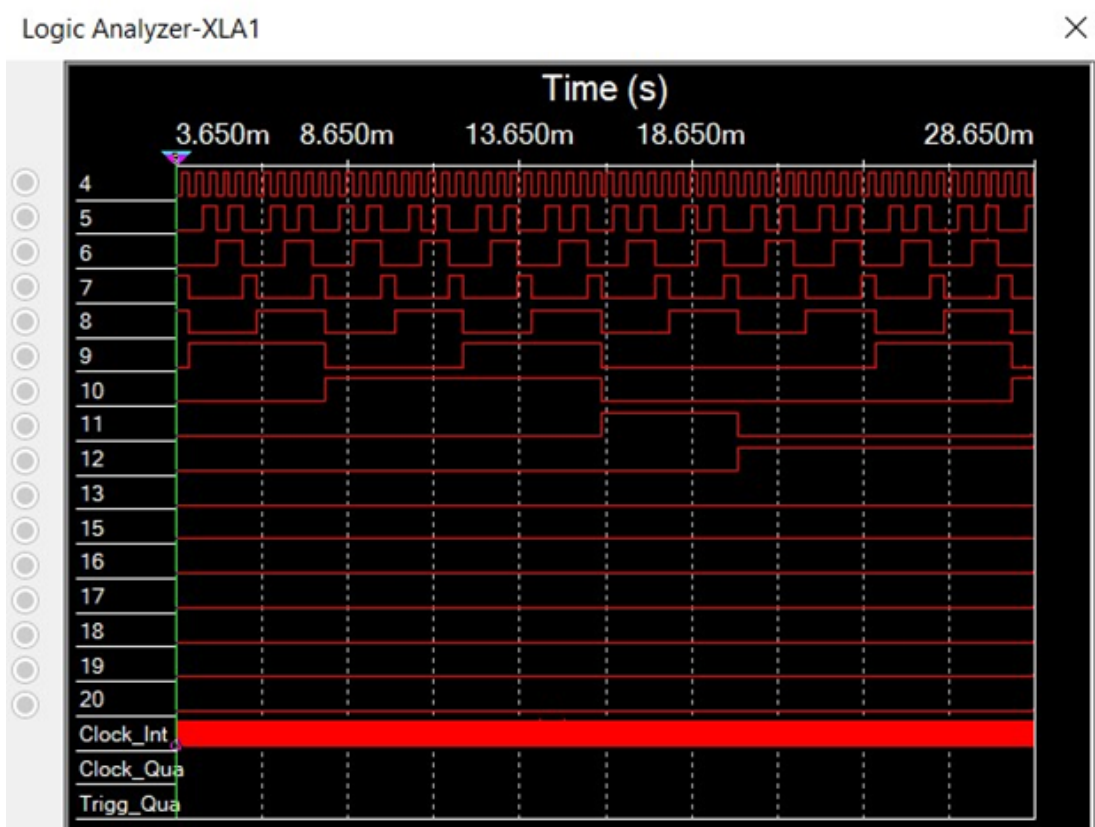


Рис. 17 (временная диаграмма для схемы на рис.16)

## Вывод

В результате данной лабораторной работы были изучены принципы построения и практического применения, а также экспериментально исследованы счетчики.

## Контрольные вопросы

1. Что называется счётчиком?

Счётчик – это операционный узел ЭВМ, предназначенный для выполнения счёта, кодирования в определённой системе счисления и хранения числа сигналов импульсного типа, поступающих на счетный вход.

2. Что называется коэффициентом пересчёта?

Коэффициент пересчёта – число входных сигналов, которое возвращает схему в начальное состояние, в качестве которого может быть взято любое ее состояние.

3. Перечислить основные классификационные признаки счётчиков.

По значению модуля счета:

- Двоичные счетчики ( $M = 2^n$ ,  $n$  - кол-во двоичных разрядов)
- Двоичные кодированные счетчики
- Счетчики с одинарным кодированием (состояние представлено местом расположения единственной единицы)

Помимо этих, существуют счётчики классификации

- по направлению счёта
- по способу организации междурядных связей
- по порядку изменения состояний
- по способу управления переключением триггеров во время счёта

4. Указать основные параметры счетчиков.

- Модуль счёта  $M$
- Емкость счетчика  $N$
- Статические и динамические параметры счётчика (максимальная частота счета, минимальные длительности различных импульсов)

5. Что такое время установки кода счетчика?

Время установки кода счетчика – один из параметров, влияющих на его быстродействие. Время установки кода равно времени между моментом поступления входного сигнала и моментом установки счетчика в новое устойчивое состояние.

6. Объяснить работу синхронного счетчика с параллельным переносом, оценить его быстродействие.

Синхронные счетчики строятся на синхронных триггерах, синхронизирующие входы объединены. Счётные сигналы подают на входы. Поэтому триггеры переключаются одновременно. Отсюда сделаем вывод, что время задержки распространения сигнала от счетного входа до выходов его триггеров равно времени задержки распространения сигнала любого триггера счетчика от *C*-входа до его выхода.

Максимальная частота – при параллельном образовании сигналов. Сигналы переноса формируются в каждом разряде, с помощью логических схем. В качестве триггеров – синхронные триггеры с динамическим управлением.

В синхронном двоичном суммирующем счетчике с параллельным переносом, построенном на *JK*-триггерах, функции возбуждения формируются параллельно.

7. Объяснить методику синтеза синхронных счётчиков на двухступенчатых *JK*- и *D*-триггерах.

Синтез синхронного счётчика как цифрового автомата содержит 6 этапов:

1. Определение числа триггеров счетчика, исходя из модуля счета  $M$  и максимального состояния  $L$  счётчика:  $n_1 = \lceil \log_2 M \rceil$ ,  $n_2 = \lceil \log_2 L \rceil$ , где  $\lceil \dots \rceil$  – округление до ближайшего большего целого числа.
2. Составление обобщенной таблицы переходов счетчика и функций возбуждения триггеров.
3. Минимизация функции возбуждения триггеров счётчика.
4. Перевод минимизированных функций возбуждения в заданный базис логических функций.
5. Построение функциональной схемы счётчика
6. Проверка полученной схемы счётчика на самовосстановление после сбоев.

