



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 \_\_\_\_\_ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6) \_\_\_\_\_  
НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.04 «Программная инженерия»

**О т ч е т**  
**по лабораторной работе № 3**

**Название:** Исследование синхронных счетчиков

**Дисциплина:** Архитектура ЭВМ

Студент гр. ИУ7-43Б

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

Н.В.Куликов

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

В.Н. Козлов

(И.О. Фамилия)

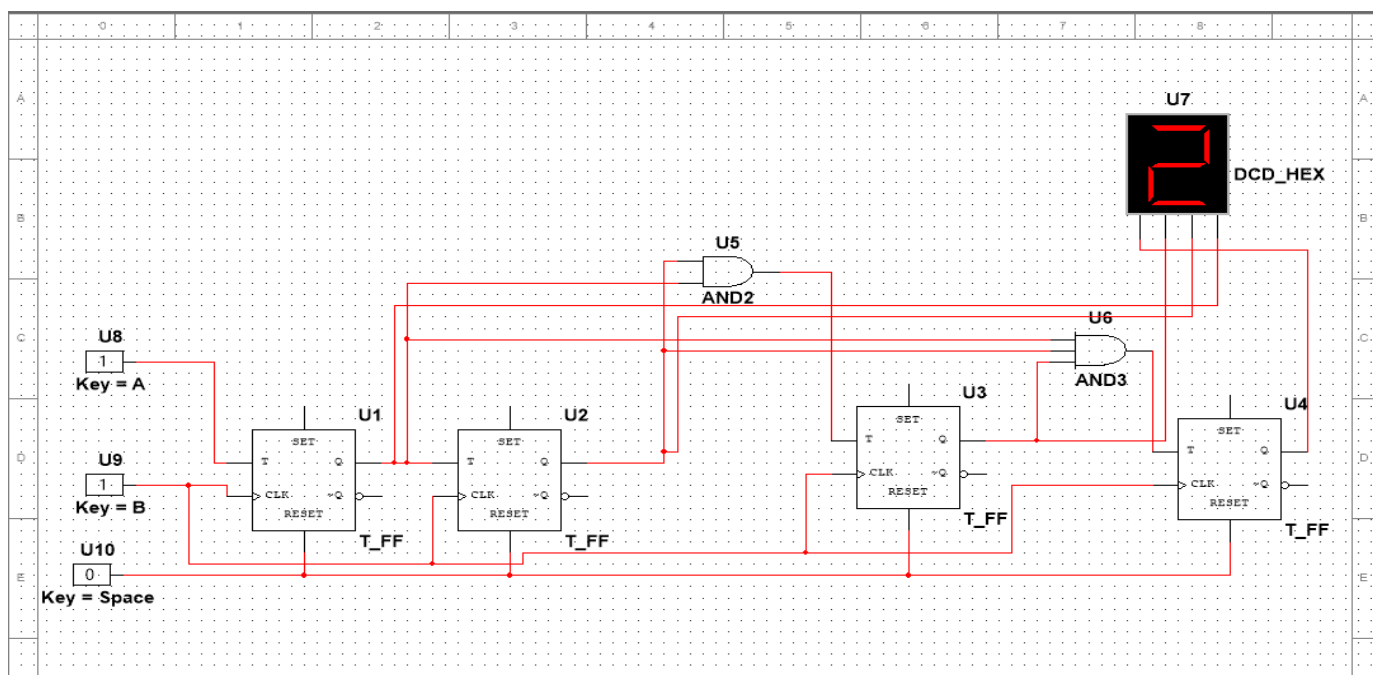
2025 год

# Цель работы

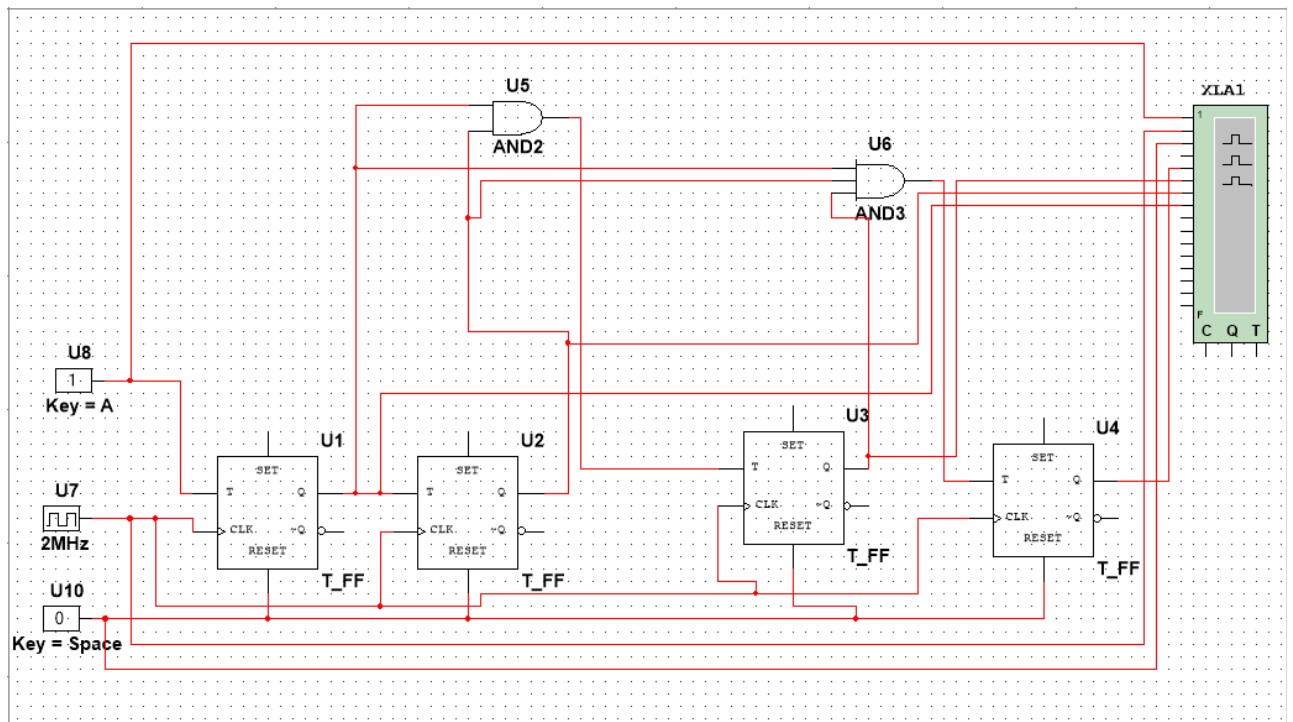
Изучение принципов построения счетчиков, овладение методом синтеза синхронных счетчиков, экспериментальная оценка динамических параметров счетчиков, изучение способов наращивания разрядности синхронных счетчиков.

## 1. Четырёхразрядный синхронный суммирующий счётчик с параллельным переносом на Т-триггерах.

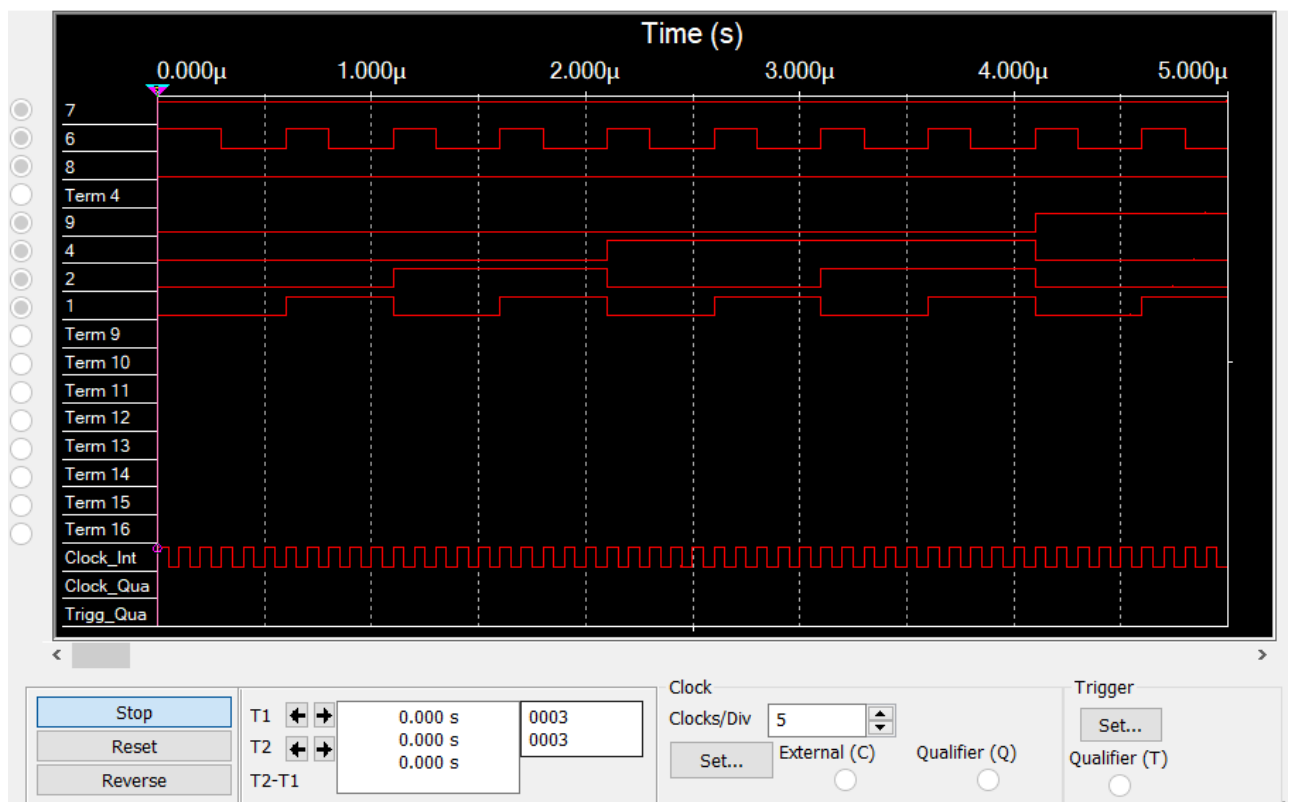
- От одиночных импульсов

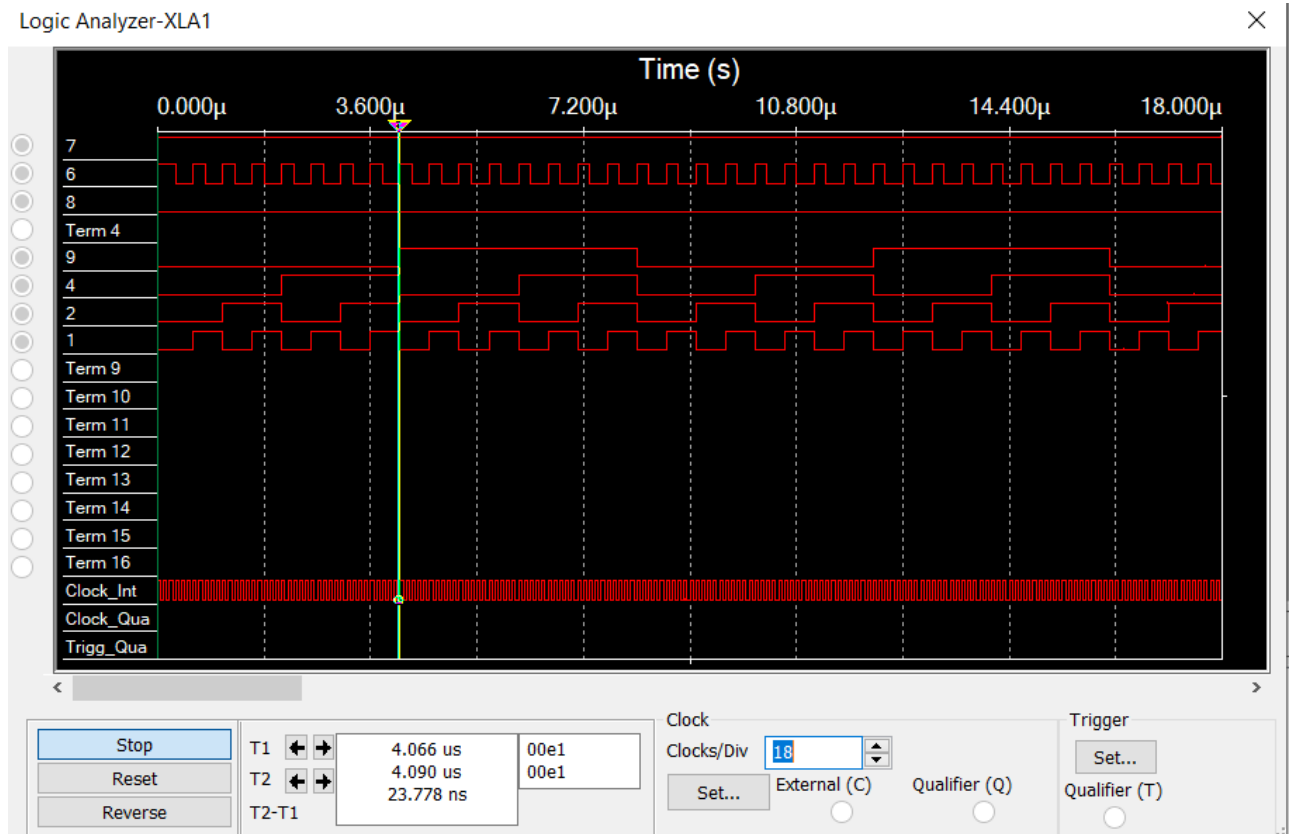


- От импульсов генератора



Logic Analyzer-XLA1





Задержка — 23.778 нс

Время, через которое закончатся все переходные процессы в триггере, и он будет готов к очередному импульсу, составляет удвоенное время задержки, т.е. ~47нс. Максимальная частота счета, таким образом, составляет  $1/(47\text{нс}) = 21$  МГц.

## 2. Синтезировать двоично-десятичный счётчик с заданной последовательностью состояний.

Вариант №9: 0,1,3,4,5,7,8,10,11,12

Таблица Переходов:

таблица 2

$Q_i^t \rightarrow Q_i^{t+1}$	J	K	D
0 - 0	0	$\alpha$	0
0 - 1	1	$\alpha$	1
1 - 0	$\alpha$	1	0
1 - 1	$\alpha$	0	1

№	Время t				Время t+1				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	1	0	$\alpha$	0	$\alpha$	1	$\alpha$	$\alpha$	0
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	1	0	$\alpha$	$\alpha$	0	1	$\alpha$	$\alpha$	0
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	$\alpha$	$\alpha$	1	$\alpha$	1	$\alpha$	1
8	1	0	0	0	1	0	1	0	$\alpha$	0	0	$\alpha$	1	$\alpha$	0	$\alpha$
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1	0	1	0	1	0	1	1	$\alpha$	0	0	$\alpha$	$\alpha$	0	1	$\alpha$
11	1	0	1	1	1	1	0	0	$\alpha$	0	1	$\alpha$	$\alpha$	1	$\alpha$	1
12	1	1	0	0	0	0	0	0	$\alpha$	1	$\alpha$	1	0	$\alpha$	0	$\alpha$
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Минимизация с помощью карт Карно

J3

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	0	0	$\alpha$	$\alpha$
01	0	0	X	X
11	0	1	X	$\alpha$
10	X	X	X	$\alpha$
$Q_1 \& Q_2$				

K3

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	$\alpha$	$\alpha$	1	0
01	$\alpha$	$\alpha$	X	X
11	$\alpha$	$\alpha$	X	0
10	X	X	X	0
$Q_2$				

J2

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	0	$\alpha$	$\alpha$	0
01	0	$\alpha$	X	X
11	1	$\alpha$	X	1
10	X	X	X	0
$(Q_1 \& !Q_3)   (Q_3 \& Q_0)$				

K2

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	$\alpha$	0	1	$\alpha$
01	$\alpha$	0	X	X
11	$\alpha$	1	X	$\alpha$
10	X	X	X	$\alpha$
$Q_1   Q_3$				

J1

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	1	1	X	X
11	$\alpha$	$\alpha$	X	$\alpha$
10	X	X	X	$\alpha$
$(Q_3 \& !Q_2)   Q_0$				

K1

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$
01	$\alpha$	$\alpha$	X	X
11	1	1	X	1
10	X	X	X	0
$Q_0$				

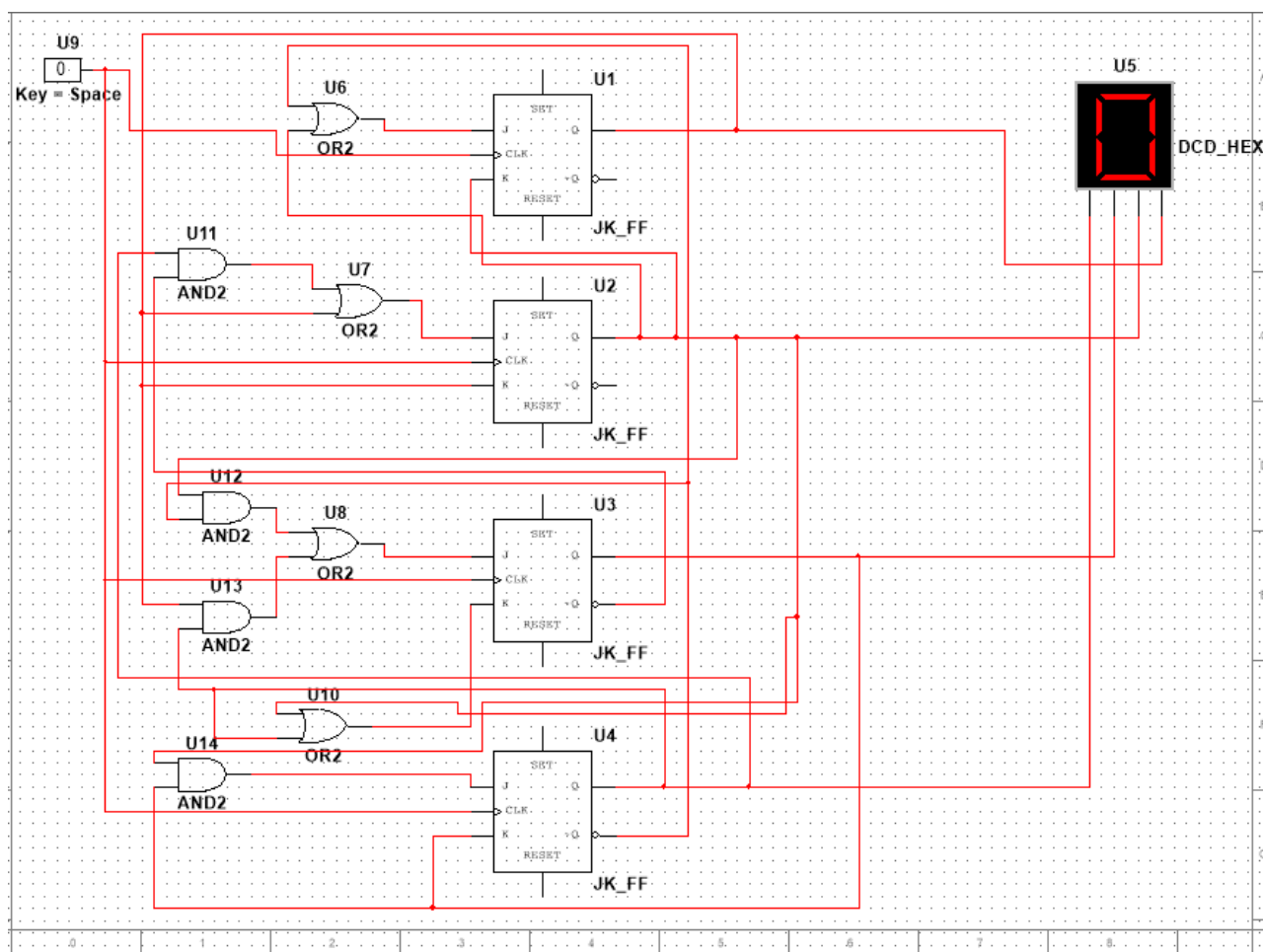
J0

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	1	1	0	0
01	$\alpha$	$\alpha$	X	X
11	$\alpha$	$\alpha$	X	$\alpha$
10	X	X	X	1
$!Q_3   Q_1$				

K0

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$
01	0	0	X	X
11	1	1	X	1
10	X	X	X	$\alpha$
$Q_1$				

Схема, построенная по расчетам



3. Собрать десятичный счётчик, используя элементную базу приложения Multisim или учебного макета.

Таблица переходов

$Q_i^t \rightarrow Q_i^{t+1}$	J	K	D
0 - 0	0	$\alpha$	0
0 - 1	1	$\alpha$	1
1 - 0	$\alpha$	1	0
1 - 1	$\alpha$	0	1



№	Время t				Время t+1				Функции возбуждения JK-триггеров							
	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	Q <sub>3</sub> *	Q <sub>2</sub> *	Q <sub>1</sub> *	Q <sub>0</sub> *	J <sub>3</sub>	K <sub>3</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	J <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	J <sub>0</sub>	K <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	α	0	α	0	α	1	α
1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	α	0	α	1	α	α	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	α	0	α	α	0	1	α
3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	α	1	α	α	1	α	1
4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	α	α	0	0	α	1	α
5	0	1	0	1	0	1	1	1	0	α	α	0	1	α	α	1
6	0	1	1	0	0	1	1	1	0	α	α	0	α	0	1	α
7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	α	α	1	α	1	α	1
8	1	0	0	0	1	0	0	1	α	0	0	α	0	α	1	α
9	1	0	0	1	0	0	0	0	α	1	0	α	0	α	α	1
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Минимизация с помощью карт Карно

J<sub>3</sub>

Q <sub>3</sub> Q <sub>2</sub>	00	01	11	10
Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>				
00	0	0	X	α
01	0	0	X	α
11	0	1	X	X
10	0	0	X	X
Q <sub>0</sub> &Q <sub>1</sub> &Q <sub>2</sub>				

K<sub>3</sub>

Q <sub>3</sub> Q <sub>2</sub>	00	01	11	10
Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>				
00	α	α	X	0
01	α	α	X	1
11	α	α	X	X
10	α	α	X	X
Q <sub>0</sub>				

J2

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	0	$\alpha$	X	0
01	0	$\alpha$	X	0
11	1	$\alpha$	X	X
10	0	$\alpha$	X	X
$Q_0 \& Q_1$				

K2

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	$\alpha$	0	X	$\alpha$
01	$\alpha$	0	X	$\alpha$
11	$\alpha$	1	X	X
10	$\alpha$	0	X	X
$Q_0   Q_1$				

J1

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	0	0	X	0
01	1	1	X	0
11	$\alpha$	$\alpha$	X	X
10	$\alpha$	$\alpha$	X	X
$Q_0 \& !Q_3$				

K1

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	$\alpha$	$\alpha$	X	$\alpha$
01	$\alpha$	$\alpha$	X	$\alpha$
11	1	1	X	X
10	0	0	X	X
$Q_0$				

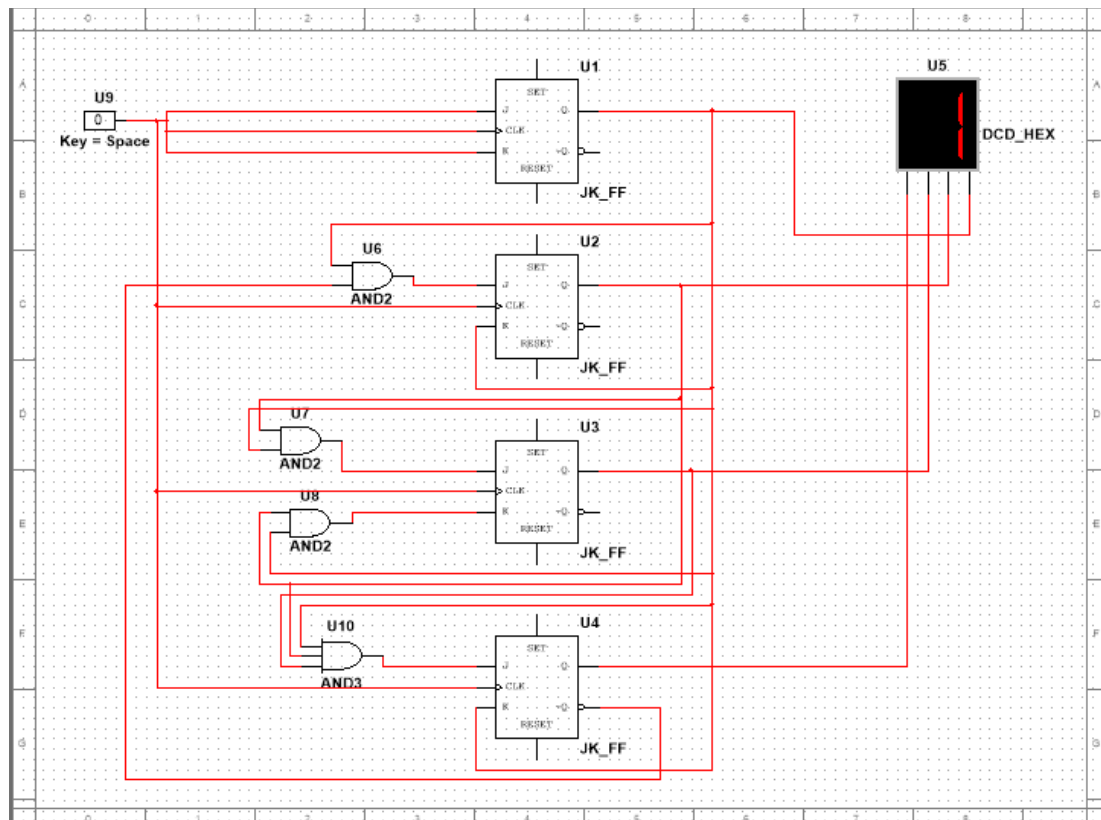
J0

$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	1	1	X	1
01	$\alpha$	$\alpha$	X	$\alpha$
11	$\alpha$	$\alpha$	X	X
10	1	1	X	X
1				

K0

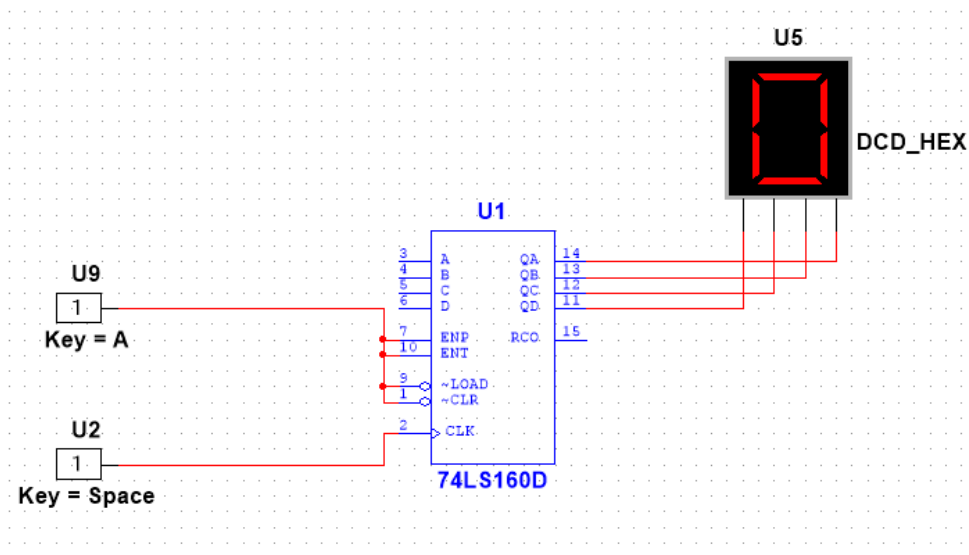
$Q_3Q_2$ $Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	$\alpha$	$\alpha$	X	$\alpha$
01	1	1	X	X
11	1	1	X	X
10	$\alpha$	$\alpha$	X	X
1				

Схема, построенная по расчетам

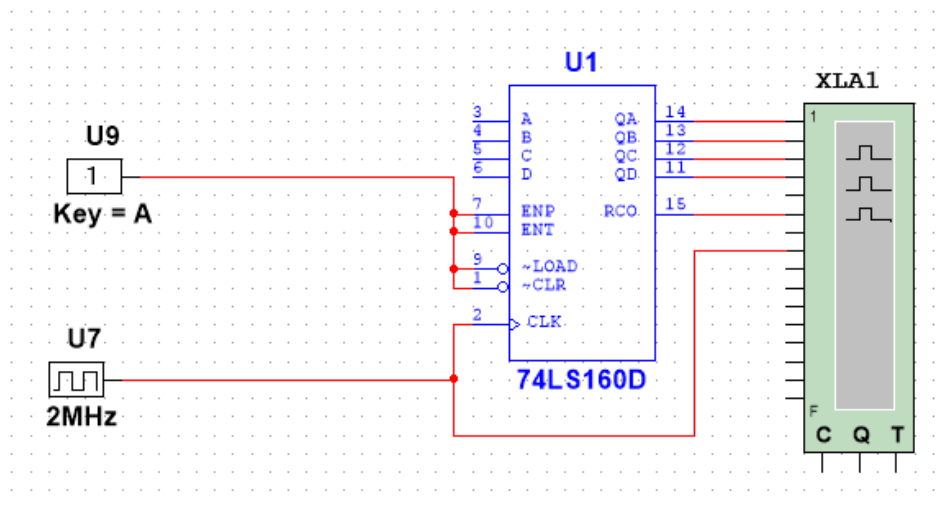


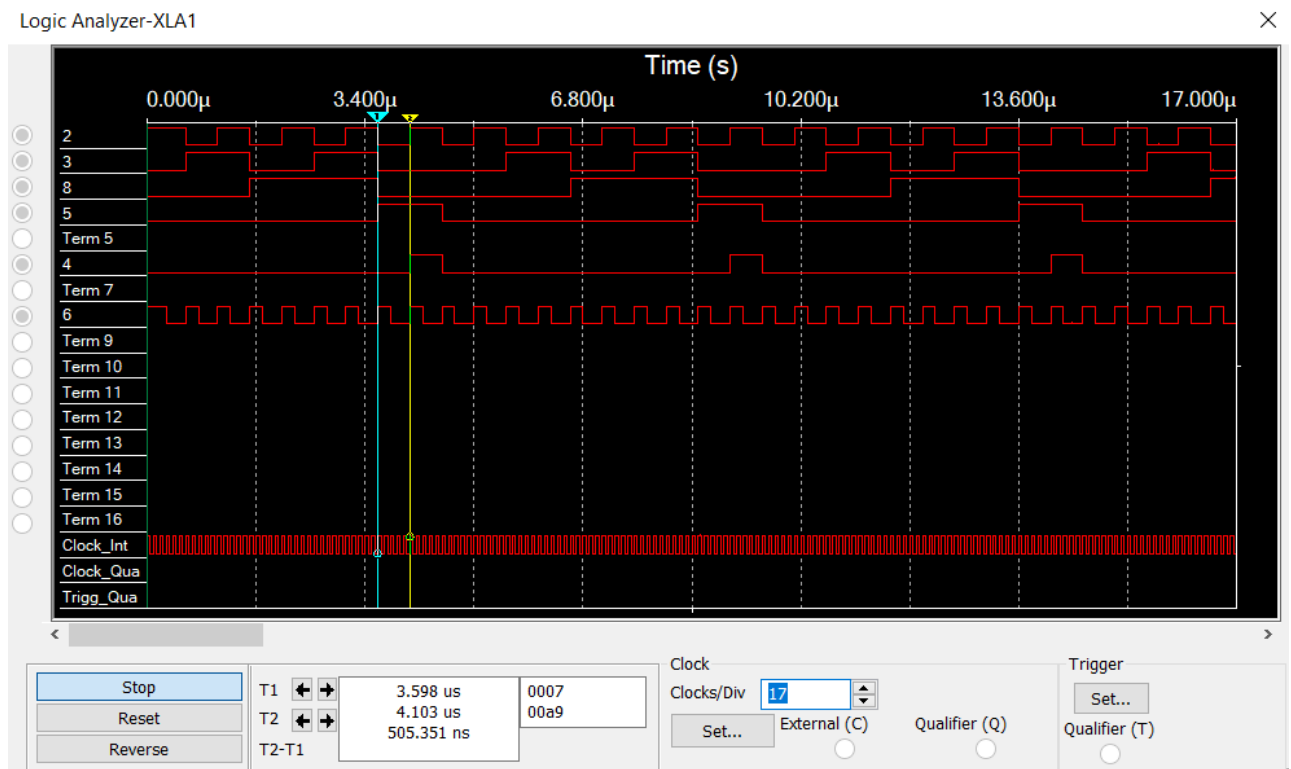
#### 4. Исследование четырёхразрядного синхронного суммирующего счётчика с параллельным переносом ИС К555ИЕ9, аналог ИС 74LS160

- от ОДИНОЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ



- от импульсов генератора.

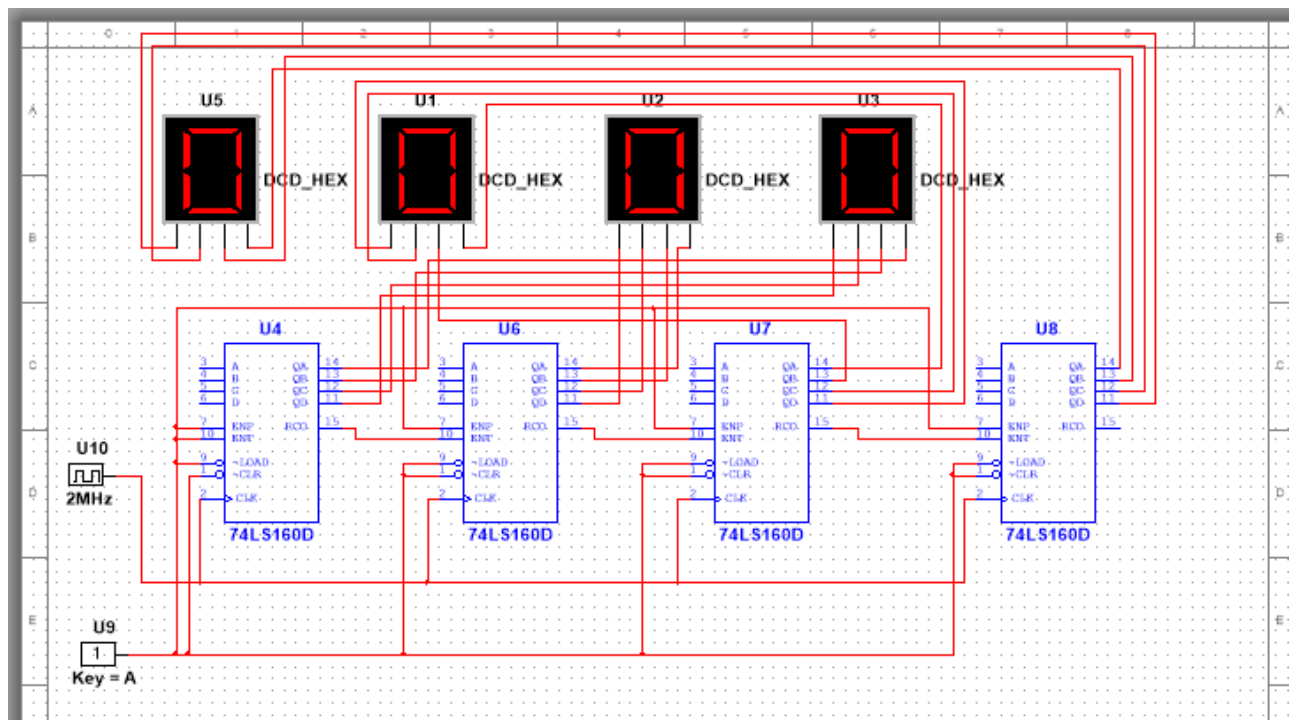




### Задержка: 505 нс

Время, через которое закончатся все переходные процессы в триггере, и он будет готов к очередному импульсу, составляет удвоенное время задержки, т.е. ~1мкс. Максимальная частота счета, таким образом, составляет  $1/(1\text{мкс}) = 1\text{ МГц}$ .

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



## 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 счётный вход.

### 2. Что называется коэффициентом пересчёта?

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

### 3. Перечислить основные классификационные признаки счётчиков.

По значению модуля счёта:

- Двоичные счётчики ( $M = 2^n$ ,  $n$  - кол-во двоичных разрядов)
- Двоично-кодированные счётчики

- Счётчики с одинарным кодированием (состояние представлено местом расположения единственной единицы)

По направлению счёта:

- Суммирующие
- Вычитающие
- Реверсивные

По способу организации межразрядных связей:

- Счетчики с последовательным переносом
- Счетчики со сквозным переносом
- Счетчики с параллельным переносом
- Счетчики с групповым переносом

По порядку изменения состояний:

- С естественным порядком счета
- С произвольным порядком счета

По способу управления переключением триггеров во время счёта:

- Синхронные
- Асинхронные

#### 4. Указать основные параметры счётчиков.

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

#### 5. Что такое время установки кода счётчика?

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

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

Синхронные счётчики строятся на синхронных триггерах, синхронизирующие входы объединены. Счётные сигналы подаются на входы. Поэтому триггеры переключаются одновременно. Поэтому время задержки распространения сигнала от счётного входа до выходов его триггеров равно времени задержки распространения сигнала любого триггера счётчика 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 счётчике 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 7 этапов:

- Определение числа триггеров счётчика, 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.

- Составление обобщенной таблицы переходов счётчика и функций возбуждения триггеров.
- Минимизация функции возбуждения триггеров счётчика.
- Перевод минимизированных функций возбуждения в заданный базис логических функций.
- Построение функциональной схемы счётчика
- Проверка полученной схемы счётчика на самовосстановление после сбоев



