

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МИФИ»**

**Лабораторная работа № 4**  
по дисциплине «Схемотехника ЭВМ»  
**«Синхронные счетчики»**

Работу выполнил:  
студент группы xxx  
Сайфуллина З.Р.

Преподаватель:  
Новиков Г.Г.  
Ядыкин И.М.

Москва 2016

**Цель:** овладеть методом синтеза синхронных счетчиков; приобрести практические навыки отработки проектируемых схем как моделированием с использованием САПР, так и макетированием на универсальном лабораторном стенде.

**Задание:** Спроектировать трехразрядный двоично-десятичный счетчик по данным:

Двоично-десятичный код	Десятичные номера двоичных наборов последовательных десятичных цифр в данном двоично-десятичном коде
4621	0, 1, 2, 3, 8, 9, 4, 5, 6, 7

**Требуется:**

1. На основе матрицы переходов составить таблицу истинности функций возбуждения триггеров (DV и JK) счетчика;
2. Построить схемы двух разрядов (на DV и JK триггерах) двоично-десятичного счетчика с цепями переноса;
3. Описать счетчик на VHDL;
4. Построить схему соединения созданных счетчиков;
5. Разработать схему исследования спроектированных счетчиков с использованием макроэлементов стенда и осциллографа;
6. Получить результаты экспериментальных исследований.

Рис. 1: Эталонная диаграмма Вейча

$Q_2$				
$Q_3$	12	13	9	8
	14	15	11	10
	6	7	3	2
	4	5	1	0
$Q_0$				
				$Q_1$

Напишем таблицу состояний и матрицу переходов DV-триггера:

Таблица 1: Таблица состояний DV-триггера      Таблица 2: Матрица переходов DV-триггера

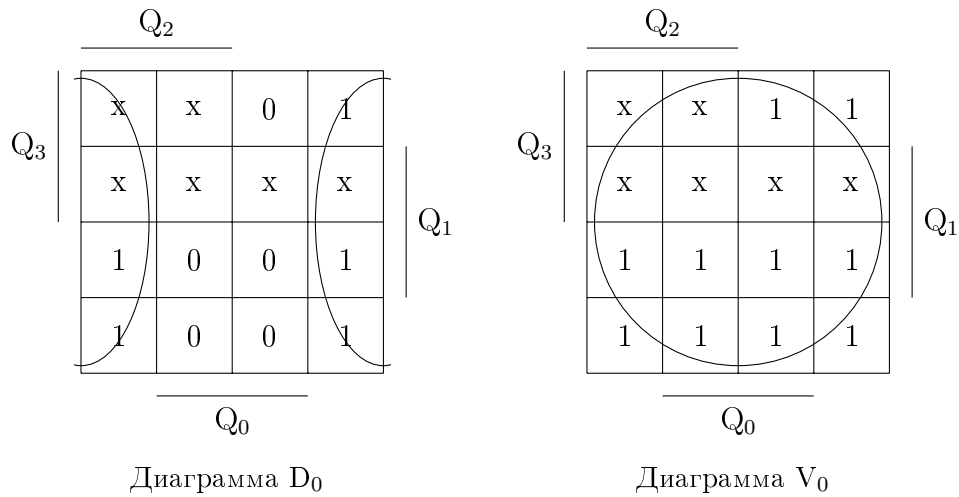
D	V	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	Q(t)
1	1	1

Q(t)→Q(t+1)	D	V
0→0	$a_1$	$\bar{a}_1 b_1$
0→1	1	1
1→0	0	1
1→1	$a_2$	$a_2 b_2$

Таблица 3: Таблица переходов и функций возбуждения DV-триггеров счетчика

10- тичная цифра	№ набора	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>	D <sub>3</sub>	V <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>	V <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	$a_0$	$\bar{a}_0 b_0$	$a_0$	$\bar{a}_0 b_0$	$a_0$	$\bar{a}_0 b_0$	1	1
1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	$a_1$	$\bar{a}_1 b_1$	$a_1$	$\bar{a}_1 b_1$	1	1	0	1
2	2	0	0	1	0	0	0	1	1	$a_2$	$\bar{a}_2 b_2$	$a_2$	$\bar{a}_2 b_2$	$a_2$	$a_2 b_2$	1	1
3	3	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	$a_3$	$\bar{a}_3 b_3$	0	1	0	1
4	8	1	0	0	0	1	0	0	1	$a_8$	$a_8 b_8$	$a_8$	$\bar{a}_8 b_8$	$a_8$	$\bar{a}_8 b_8$	1	1
5	9	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	$a_9$	$\bar{a}_9 b_9$	0	1
6	4	0	1	0	0	0	1	0	1	$a_4$	$\bar{a}_4 b_4$	$a_4$	$a_4 b_4$	$a_4$	$a_4 b_4$	1	1
7	5	0	1	0	1	0	1	1	0	$a_5$	$\bar{a}_5 b_5$	$a_5$	$a_5 b_5$	1	1	0	1
8	6	0	1	1	0	0	1	1	1	$a_6$	$\bar{a}_6 b_6$	$a_6$	$a_6 b_6$	$a_6$	$a_6 b_6$	1	1
9	7	0	1	1	1	0	0	0	0	$a_7$	$\bar{a}_7 b_7$	0	1	0	1	0	1

Найдем минимальную ДНФ для функций  $D_0$  и  $V_0$ :

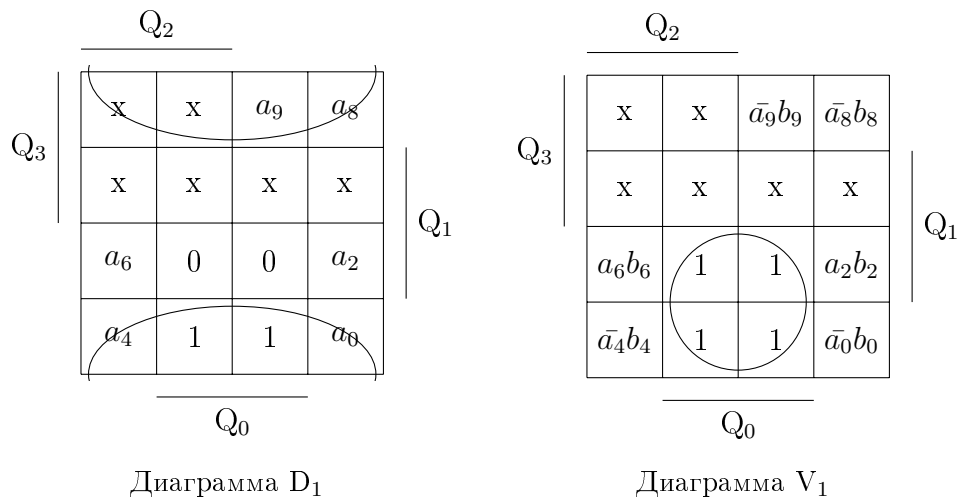


Выпишем минимальные ДНФ функций  $D_0$  и  $V_0$ :

$$D_0 = \bar{Q}_0$$

$$V_0 = 1$$

Найдем минимальную ДНФ для функций  $D_1$  и  $V_1$ :



Выпишем минимальные ДНФ функций  $D_1$  и  $V_1$ :

$$D_1 = \bar{Q}_1$$

$$V_1 = \bar{Q}_3 Q_0$$

Найдем минимальную ДНФ для функций  $D_2$  и  $V_2$ :

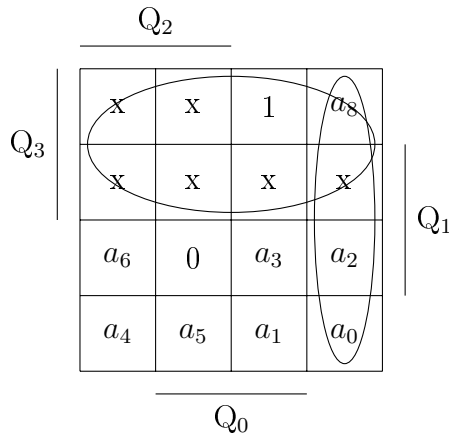


Диаграмма  $D_2$

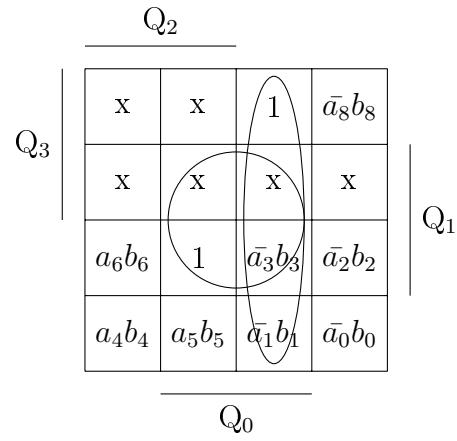


Диаграмма  $V_2$

Выпишем минимальные ДНФ функций  $D_2$  и  $V_2$ :

$$D_2 = Q_3 \vee \bar{Q}_2 \bar{Q}_0$$

$$V_2 = Q_1 Q_0 \vee \bar{Q}_2 Q_2$$

Найдем минимальную ДНФ для функций  $D_3$  и  $V_3$ :

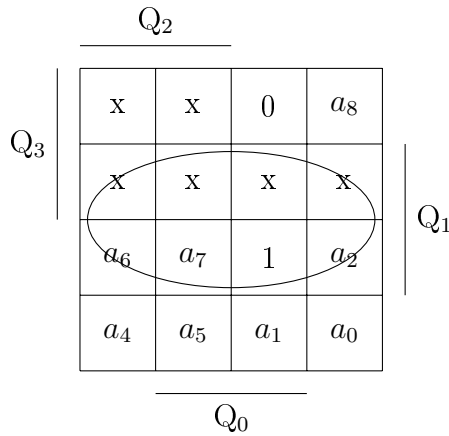


Диаграмма  $D_3$

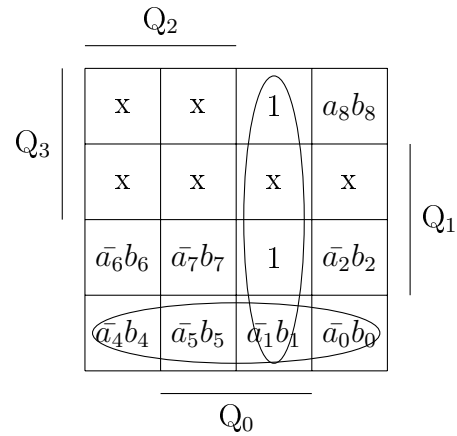


Диаграмма  $V_3$

Выпишем минимальные ДНФ функций  $D_3$  и  $V_3$ :

$$D_3 = Q_1$$

$$V_3 = \bar{Q}_3 \bar{Q}_1 \vee \bar{Q}_2 Q_0$$

Напишем таблицу состояний и матрицу переходов JK-триггера:

Таблица 4: Таблица состояний JK-триггера

J	K	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q(t)}$

Таблица 5: Матрица переходов JK-триггера

Q(t)→Q(t+1)	J	K
0→0	0	x
0→1	1	x
1→0	x	1
1→1	x	0

Таблица 6: Таблица переходов и функций возбуждения JK-триггеров счетчика

10- тичная цифра	№ набора	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	0	1	0	x	0	x	0	x	1	x
1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	x	0	x	1	x	x	1
2	2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	x	0	x	x	0	1	x
3	3	0	0	1	1	1	0	0	0	1	x	0	x	x	1	x	1
4	8	1	0	0	0	1	0	0	1	x	0	0	x	0	x	1	x
5	9	1	0	0	1	0	1	0	0	x	1	1	x	0	x	x	1
6	4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	x	x	0	0	x	1	x
7	5	0	1	0	1	0	1	1	0	0	x	x	0	1	x	x	1
8	6	0	1	1	0	0	1	1	1	0	x	x	0	x	0	1	x
9	7	0	1	1	1	0	0	0	0	0	x	x	1	x	1	x	1

Найдем минимальную ДНФ для функций J<sub>0</sub> и K<sub>0</sub>:

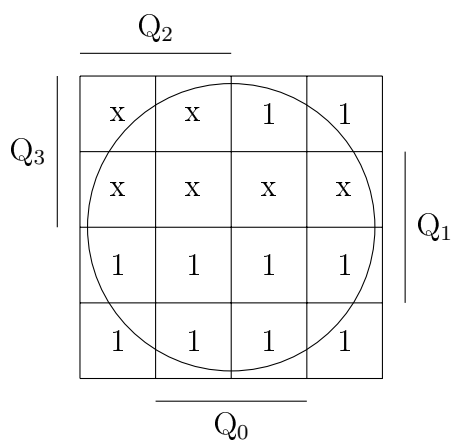


Диаграмма J<sub>0</sub>

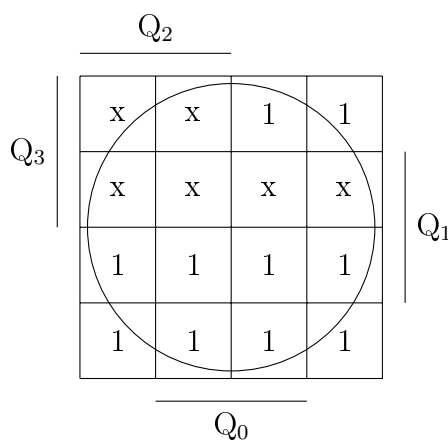


Диаграмма K<sub>0</sub>

Выпишем минимальные ДНФ функций J<sub>0</sub> и K<sub>0</sub>:

$$J_0 = 1$$

$$K_0 = 1$$

Найдем минимальную ДНФ для функций  $J_1$  и  $K_1$ :

$Q_2$			
$Q_3$	x	x	0
	x	x	x
	0	1	1
	0	1	0
$Q_0$			

Диаграмма  $J_1$

$Q_2$			
$Q_3$	x	x	1
	x	x	x
	0	1	1
	0	1	0
$Q_0$			

Диаграмма  $K_1$

Выпишем минимальные ДНФ функций  $J_1$  и  $K_1$ :

$$J_1 = \bar{Q}_3 Q_0$$

$$K_1 = Q_0$$

Найдем минимальную ДНФ для функций  $J_2$  и  $K_2$ :

$Q_2$			
$Q_3$	x	x	1
	x	x	x
	0	0	0
	0	0	0
$Q_0$			

Диаграмма  $J_2$

$Q_2$			
$Q_3$	x	x	0
	x	x	x
	0	1	1
	0	0	0
$Q_0$			

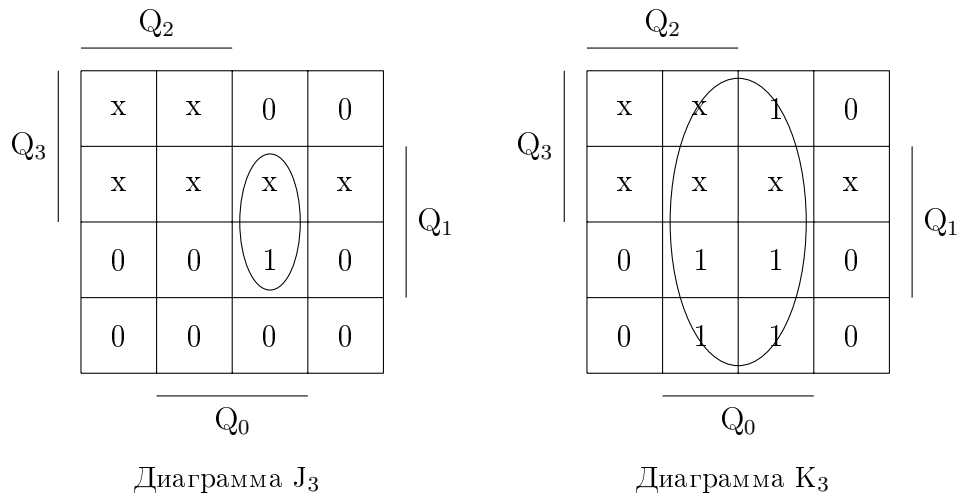
Диаграмма  $K_2$

Выпишем минимальные ДНФ функций  $J_2$  и  $K_2$ :

$$J_2 = Q_3 Q_0$$

$$K_2 = Q_0 Q_1$$

Найдем минимальную ДНФ для функций  $J_3$  и  $K_3$ :



Выпишем минимальные ДНФ функций  $J_3$  и  $K_3$ :

$$J_3 = \bar{Q}_2 Q_1 Q_0$$

$$K_3 = Q_0$$

Организация связи между двоично-десятичными счетчиками

$$Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 0111$$

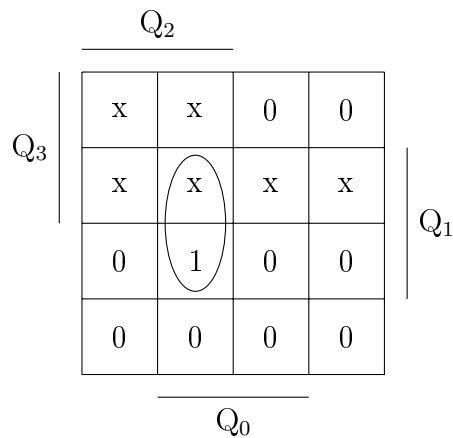


Диаграмма ТС

$$TC = Q_2 Q_1 Q_0$$

Входной сигнал переноса СЕО для дальнейшего увеличения разрядности двоично-десятичных счетчиков:

$$COE = TC \& CE$$



## Описание комбинационной схемы на языке VHDL:

```
port (  
    CLR,C,CE: in BIT;  
    Q: buffer BIT_VECTOR (3 downto 0);  
    TC: buffer BIT;  
    CEO: out BIT  
);  
end Lab4;  
architecture Lab4_arch of Lab4 is  
begin  
    process (CLR,C)  
    begin  
        if CLR='1' then Q <= "0000";  
        elsif CE='0' then null;  
        elsif C'event and C='1' then  
            case Q is  
                when "0000" => Q <= "0001";  
                when "0001" => Q <= "0010";  
                when "0010" => Q <= "0011";  
                when "0011" => Q <= "1000";  
                when "1000" => Q <= "1001";  
                when "1001" => Q <= "0100";  
                when "0100" => Q <= "0101";  
                when "0101" => Q <= "0110";  
                when "0110" => Q <= "0111";  
                when "0111" => Q <= "0000";  
                when others => Q <= "0000";  
            end case;  
        end if;  
    end process;  
    TC <= Q(2) and Q(1) and Q(0) ;  
    CEO <= CE and TC ;  
end Lab4_arch;
```

Рис. 11: Схема двоично-десятичного счетчика с асинхронным входом предварительной установки в 0, построенного на DV-триггерах.

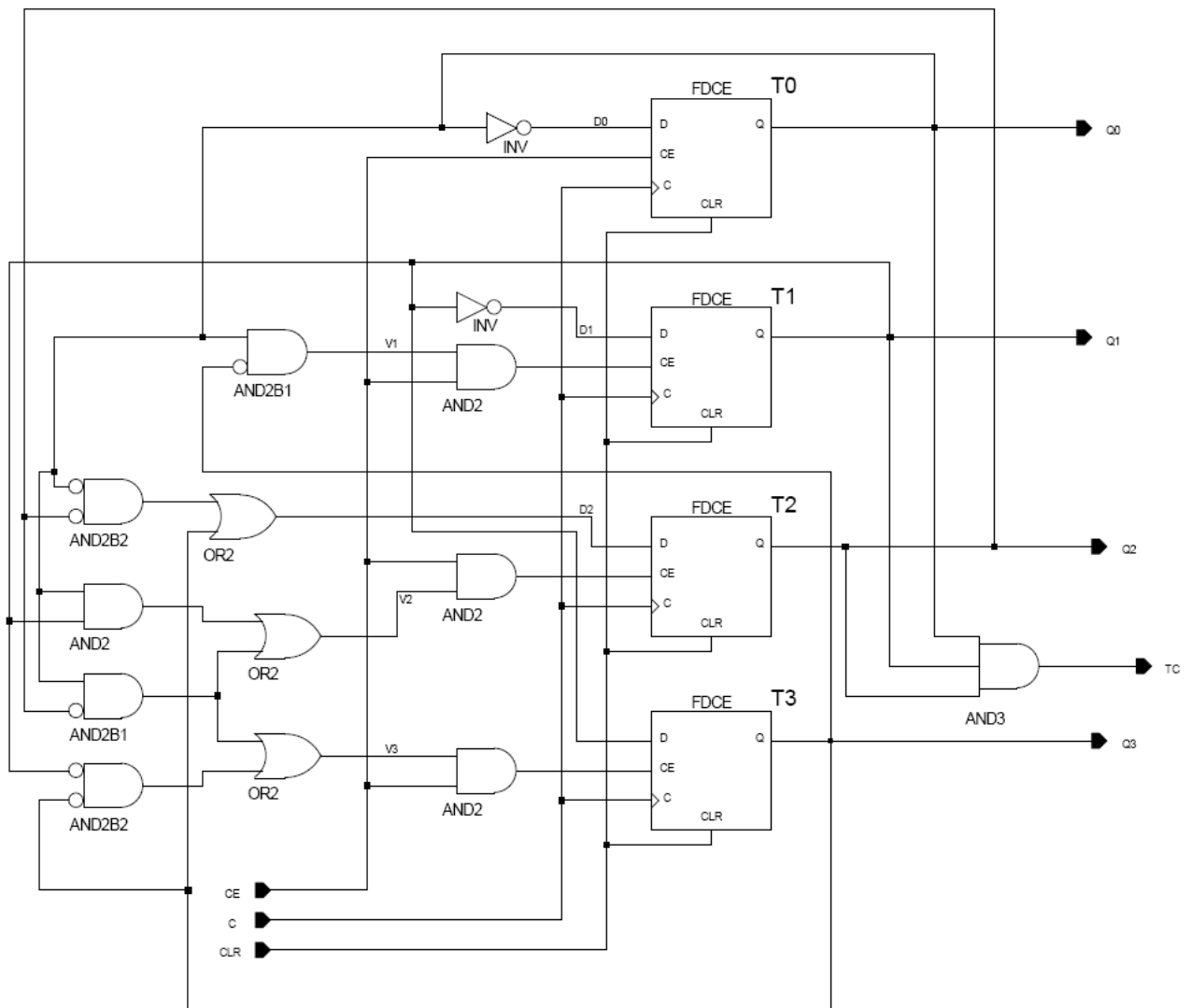


Рис. 12: Временная диаграмма двоично-десятичного счетчика с асинхронным входом предварительной установки в 0, построенного на DV-триггерах

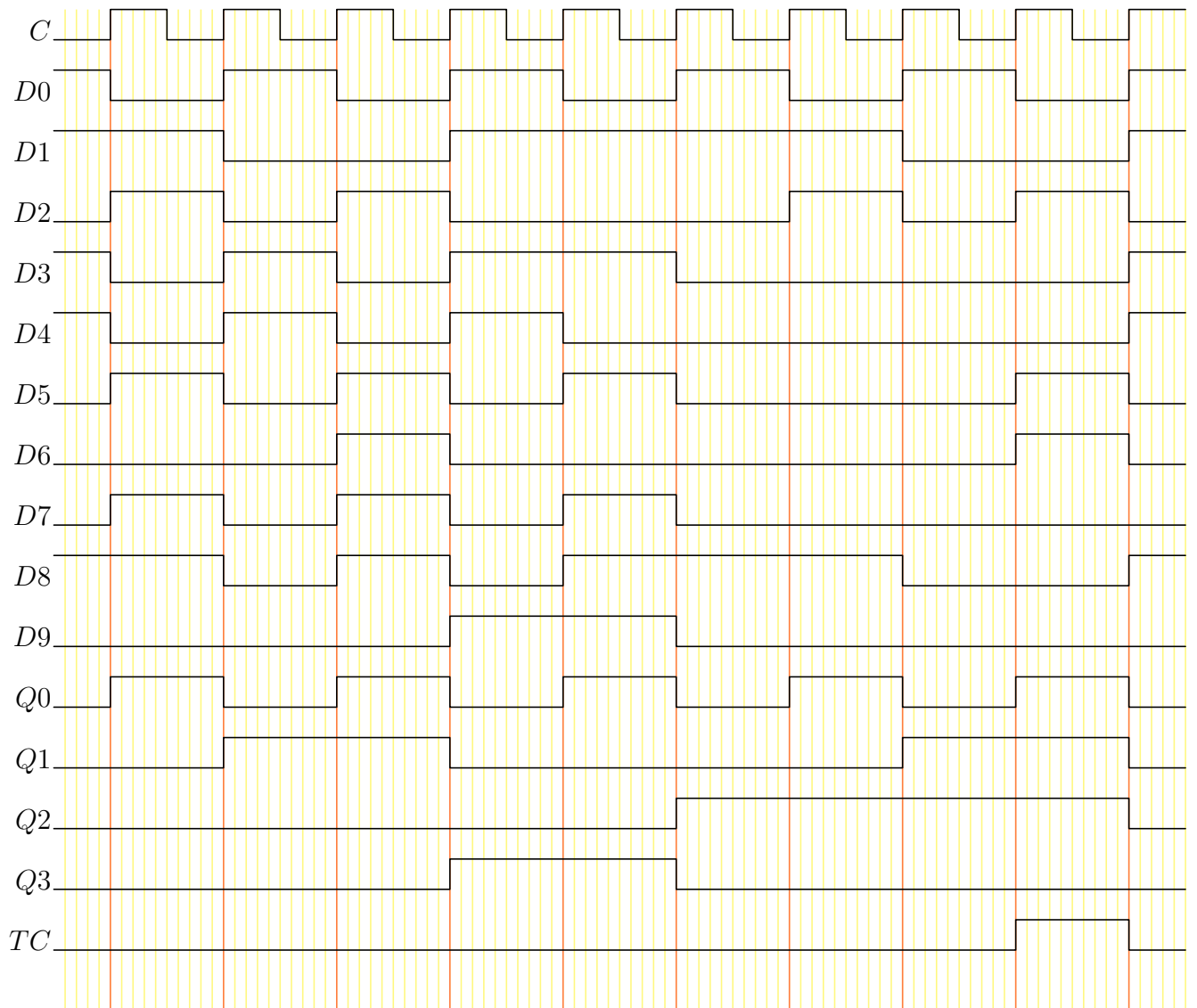


Рис. 13: Схема двоично-десятичного счетчика с асинхронным входом предварительной установки в 0, построенного на JK-триггерах.

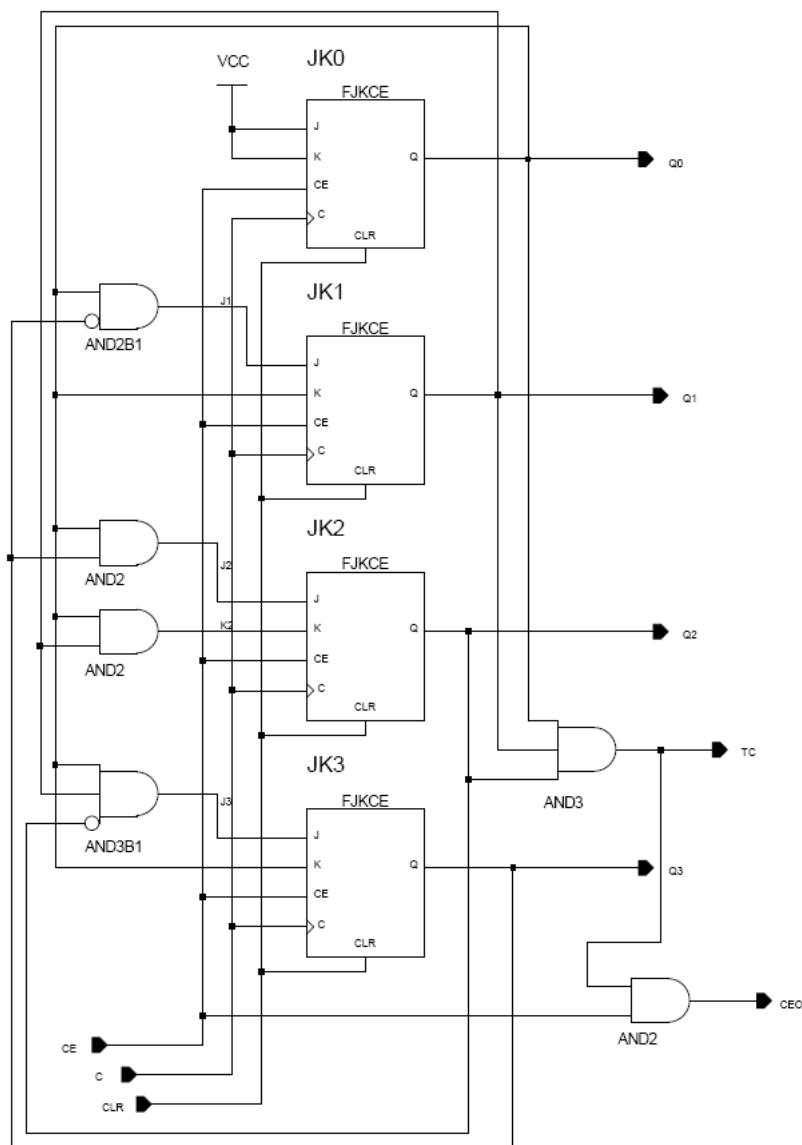


Рис. 14: Временная диаграмма двоично-десятичного счетчика с асинхронным входом предварительной установки в 0, построенного на JK-триггерах

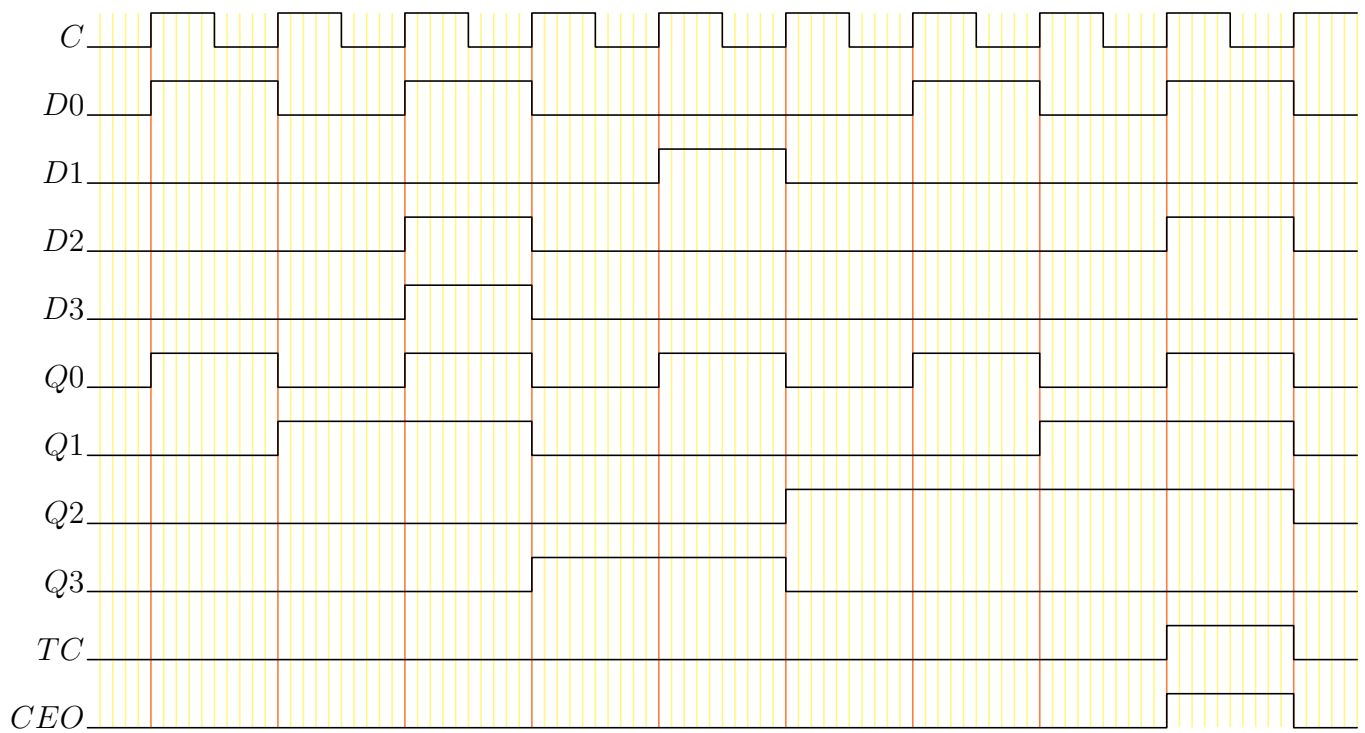


Рис. 15: Схема подключения счетчиков

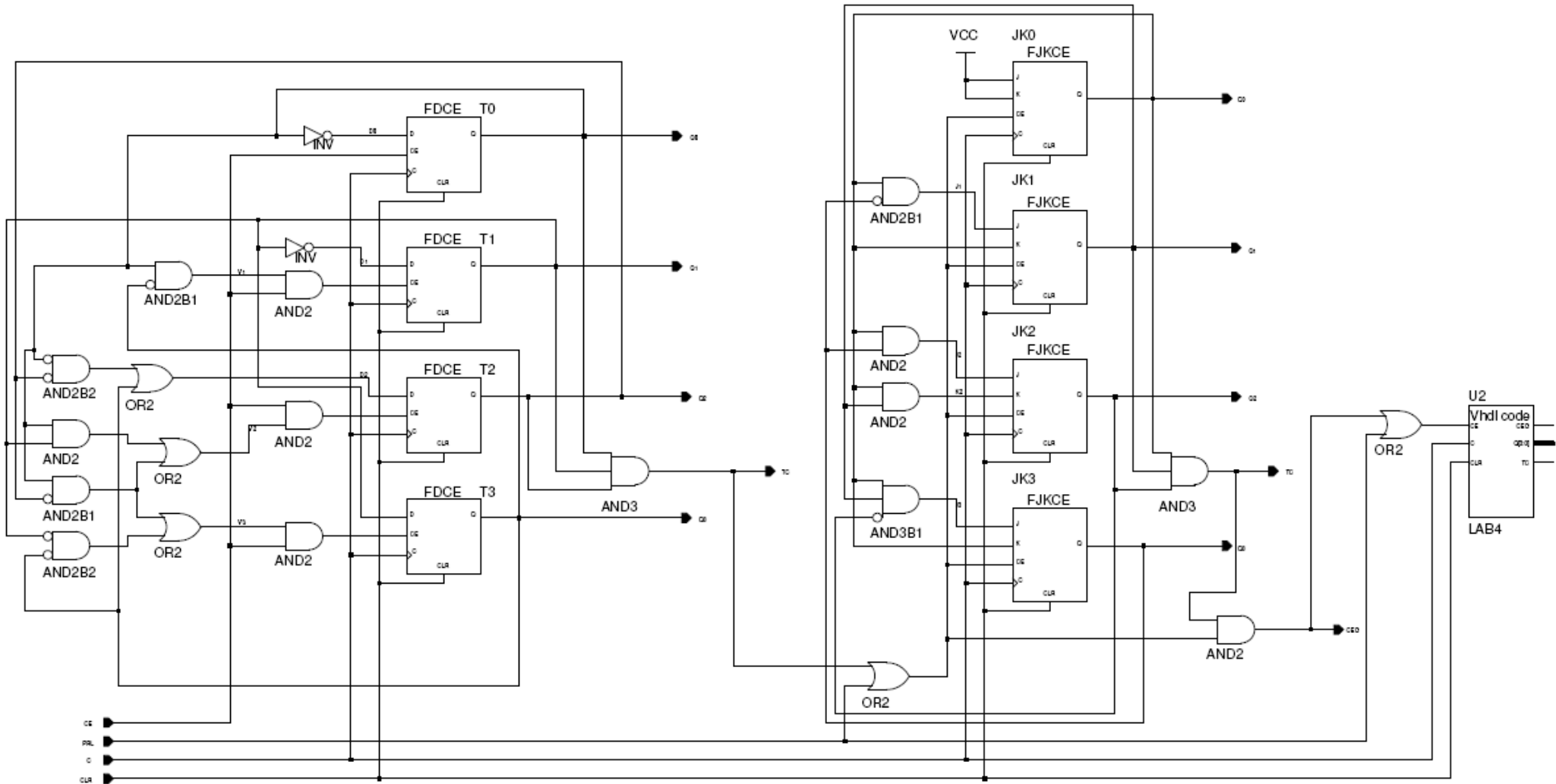


Рис. 16: Схема эксперимента

