



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«МИРЭА - Российский технологический университет»

**РТУ МИРЭА**

---

Институт радиоэлектроники и информатики  
Кафедра геоинформационных систем

**ОТЧЕТ**  
**ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 11**  
**«Синтез четырехразрядного счетчика с параллельным**  
**переносом между разрядами двумя способами»**  
**по дисциплине**  
**«ИНФОРМАТИКА»**

Выполнил студент группы *ИКБО-51-23*

*Лазаренко С. А.*

Принял  
*Ассистент*

*Корчемная А.И.*

Практическая  
работа выполнена

«26» ноября 2023 г.

\_\_\_\_\_

«Зачтено»

«  » \_\_\_\_\_ 2023 г.

\_\_\_\_\_

Москва 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

1	ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ .....	3
2	ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ .....	4
2.1	Восстановленная таблица истинности .....	4
2.2	Минимизация логических формул при помощи карт Карно .....	5
2.3	Схемы, реализующие счетчик в среде моделирования Logisim.....	11
3	ВЫВОДЫ .....	13
4	СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	14

## 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Разработать счетчик с параллельным переносом на D-триггерах двумя способами:

- с оптимальной схемой управления, выполненной на логических элементах общего базиса;
- со схемой управления, реализованной на преобразователе кодов (быстрая реализация, но не оптимальная схема).

В качестве исходных данных использовать индикатор CNT лабораторного комплекса, на котором слева направо отображены:

- направление счета (0 — сложение, 1 — вычитание);
- максимальное значение счетчика (не путать с модулем счета);
- шаг счета.

Протестировать работу схемы и убедиться в ее правильности. Подготовить отчет о проделанной работе и защитить ее.

## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ

### 2.1 Восстановленная таблица истинности

Персональный вариант:

- направление счёта: 1 - вычитание;
- максимальное значение счётчика: С;
- шаг счёта: 3.

По исходным данным восстановим таблицу переходов счётчика (табл. 1).

$Q_3(t)$	$Q_2(t)$	$Q_1(t)$	$Q_0(t)$	$Q_3(t+1)$	$Q_2(t+1)$	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$
0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	0	1	1
0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	1
1	1	0	1	*	*	*	*
1	1	1	0	*	*	*	*
1	1	1	1	*	*	*	*

Таблица переходов является частично определённой: состояния от 1101 до 1111 согласно исходным данным возникать не должны, поэтому очередные состояния для функций  $Q_i(t+1)$  для этих случаев мы можем интерпретировать как нам удобно в целях минимизации управляющей логики.

## 2.2 Минимизация логических формул при помощи карт Карно

Рассматриваем столбцы  $Q_i(t+1)$  как самостоятельные функции от четырёх переменных и проводим их минимизацию. Также нам необходимо для каждой функции из двух возможных минимальных форм выбрать самую короткую.

Начнём с функции  $Q_3(t+1)$ . Оценим сложность минимальных форм, которые для неё получатся по количеству переменных, входящих в них, и выберем оптимальную форму. Для этого построим необходимые карты Карно. Построим карту Карно для МДНФ функции  $Q_3(t+1)$  (рис. 1).

<div><div><math>Q_1(t)</math></div><div><math>Q_0(t)</math></div></div>					
<div><div><math>Q_3(t)</math></div><div><math>Q_2(t)</math></div></div>		00	01	11	10
00		1	1		1
01					
11		1	*	*	*
10				1	

Рисунок 1 – Карта Карно для МДНФ функции  $Q_3(t+1)$

Пока не будем записывать формулу МДНФ, но оценим её сложность. Это легко сделать, поскольку известно количество переменных, необходимых для описания каждого из интервалов:

- интервал размера 1 описывается четырьмя переменными;
- интервал размера 2 описывается тремя переменными;
- интервал размера 4 описывается двумя переменными;
- интервал размера 8 описывается одной переменной.

Из рисунка 1 видно, что в нашем случае МДНФ  $Q_3(t+1)$  будет описана при помощи 11 переменных либо их отрицаний.

Теперь сделаем аналогичную операцию для МКНФ этой же функции.

Возьмём за основу уже построенную карту (рис. 1), ведь на всех пустых клетках там стоят нули. Кроме того, для повышения наглядности удалим единичные значения. Выделим интервалы (рис. 2).

Q <sub>1</sub> (t) Q <sub>0</sub> (t) Q <sub>3</sub> (t) Q <sub>2</sub> (t)		00	01	11	10
00				0	
01	0	0	0	0	0
11		*	*	*	
10	0	0			0

Рисунок 2 – Карта Карно для МКНФ функции  $Q_3(t+1)$

На рисунке 2 хорошо видно, что МКНФ будет иметь 11 переменных либо их отрицания, что равно сложности МДНФ. Таким образом, нам всё равно, какую минимальную форму взять. Запишем МКНФ для  $Q_3(t+1)$  (формула 1).

$$Q_3(t+1)_{\text{МКНФ}} = (\overline{Q_3(t)} + Q_2(t) + Q_1(t)) * (\overline{Q_3(t)} + Q_2(t) + Q_0(t)) * (Q_3 + \overline{Q_1(t)} + \overline{Q_0(t)}) * (Q_3 + \overline{Q_2(t)}) \quad (1)$$

Далее по приведённой методике рассуждений рассмотрим функцию  $Q_2(t+1)$ . Сначала построим карту Карно для МДНФ (рис. 3).

Q <sub>1</sub> (t) Q <sub>0</sub> (t)					
Q <sub>3</sub> (t)	Q <sub>2</sub> (t)				
		00	01	11	10
	00				1
	01			1	
	11		*	*	*
	10	1	1		1

Рисунок 3 – Карта Карно для МДНФ функции  $Q_2(t+1)$

Оценим сложность МДНФ: 9 переменных или их отрицаний.

Теперь построим интервалы из нулевых значений и попытаемся интерпретировать звёздочку как ноль, чтобы построить МКНФ (рис. 4).

Q <sub>1</sub> (t) Q <sub>0</sub> (t)					
Q <sub>3</sub> (t)	Q <sub>2</sub> (t)				
		00	01	11	10
	00	0	0	0	
	01	0	0		0
	11	0	*	*	*
	10			0	

Рисунок 4 – Карта Карно для МКНФ функции  $Q_2(t+1)$

Оценим сложность МКНФ:  $3 + 2 + 2 = 7$  переменные или их отрицания.

Таким образом, получается, что мы должны взять МКНФ.

Запишем формулу для МКНФ  $Q_2(t+1)$  (формула 2):

$$Q_2(t+1)_{\text{МКНФ}} = (Q_3(t) + Q_1(t)) * (\overline{Q_2(t)} + Q_0(t)) * (Q_2(t) + \overline{Q_1(t)} + \overline{Q_0(t)}) \quad (2)$$

Далее по приведённой методике рассуждений рассмотрим функцию  $Q_1(t+1)$ . Сначала построим карту Карно для МДНФ (рис. 5).

$Q_1(t) \backslash Q_0(t)$		00	01	11	10
$Q_3(t) \backslash Q_2(t)$	00	1	1		
	01		1		1
	11		*	*	*
	10		1		1

Рисунок 5 – Карта Карно для МДНФ функции  $Q_1(t+1)$

Оценим сложность МДНФ:  $3 + 3 + 3 + 2 = 11$  переменных или их отрицаний.

Теперь построим интервалы из нулевых значений, чтобы построить МКНФ (рис. 6).

<div><div><math>Q_1(t)</math></div><div><math>Q_0(t)</math></div><div><math>Q_3(t)</math></div><div><math>Q_2(t)</math></div></div>	00	01	11	10
00			0	0
01	0		0	
11	0	*	*	*
10	0		0	

Рисунок 6 – Карта Карно для МКНФ функции  $Q_1(t+1)$

Оценим сложность МКНФ:  $3 + 3 + 2 + 2 + 3 = 11$  переменных или их отрицаний.

Запишем форму для МКНФ  $Q_1(t+1)$  (формула 3):



$$Q_1(t+1)_{\text{МКНФ}} = (\overline{Q_2(t)} + Q_1(t) + Q_0(t)) * (\overline{Q_3(t)} + Q_1(t) + Q_0(t)) * (\overline{Q_1(t)} + Q_3(t) + Q_2(t)) * (\overline{Q_1(t)} + \overline{Q_0(t)}) \quad (3)$$

Далее по приведённой методике рассуждений рассмотрим функцию  $Q_0(t+1)$ . Сначала построим карту Карно для МДНФ (рис. 7).

Q <sub>1</sub> (t) Q <sub>0</sub> (t)					
Q <sub>3</sub> (t)	Q <sub>2</sub> (t)	Q <sub>0</sub> (t)			
		00	01	11	10
00			1		
01		1			1
11		1	*	*	*
10		1			1

Рисунок 7 – Карта Карно для МДНФ функции  $Q_0(t+1)$

Оценим сложность МДНФ:  $4 + 3 + 3 + 3 = 13$  переменных или их отрицаний.

Теперь построим интервалы из нулевых значений, чтобы построить МКНФ (рис. 8).

Q <sub>1</sub> (t) Q <sub>0</sub> (t)					
Q <sub>3</sub> (t)	Q <sub>2</sub> (t)	Q <sub>0</sub> (t)			
		00	01	11	10
00		0		0	0
01			0	0	
11			*	*	*
10			0	0	

Рисунок 8 – Карта Карно для МКНФ функции  $Q_1(t+1)$

Оценим сложность МКНФ:  $3 + 2 + 2 + 2 = 9$  переменных или их отрицаний.

Таким образом, получается, что мы должны взять МКНФ. Запишем формулу для МКНФ  $Q_0(t+1)$  (формула 4):

$$\begin{aligned} Q_0(t+1)_{\text{МКНФ}} = & (Q_3(t) + Q_2(t) + Q_0(t)) * (\overline{Q_1(t)} + \overline{Q_0(t)}) * \\ & * (\overline{Q_2(t)} + \overline{Q_0(t)}) * (\overline{Q_3(t)} + \overline{Q_0(t)}) \end{aligned} \quad (4)$$

## 2.3 Схемы, реализующие счётчик в среде моделирования Logisim

При помощи полученных формул выполним реализацию схем управления для триггеров счётчика (рис. 9).

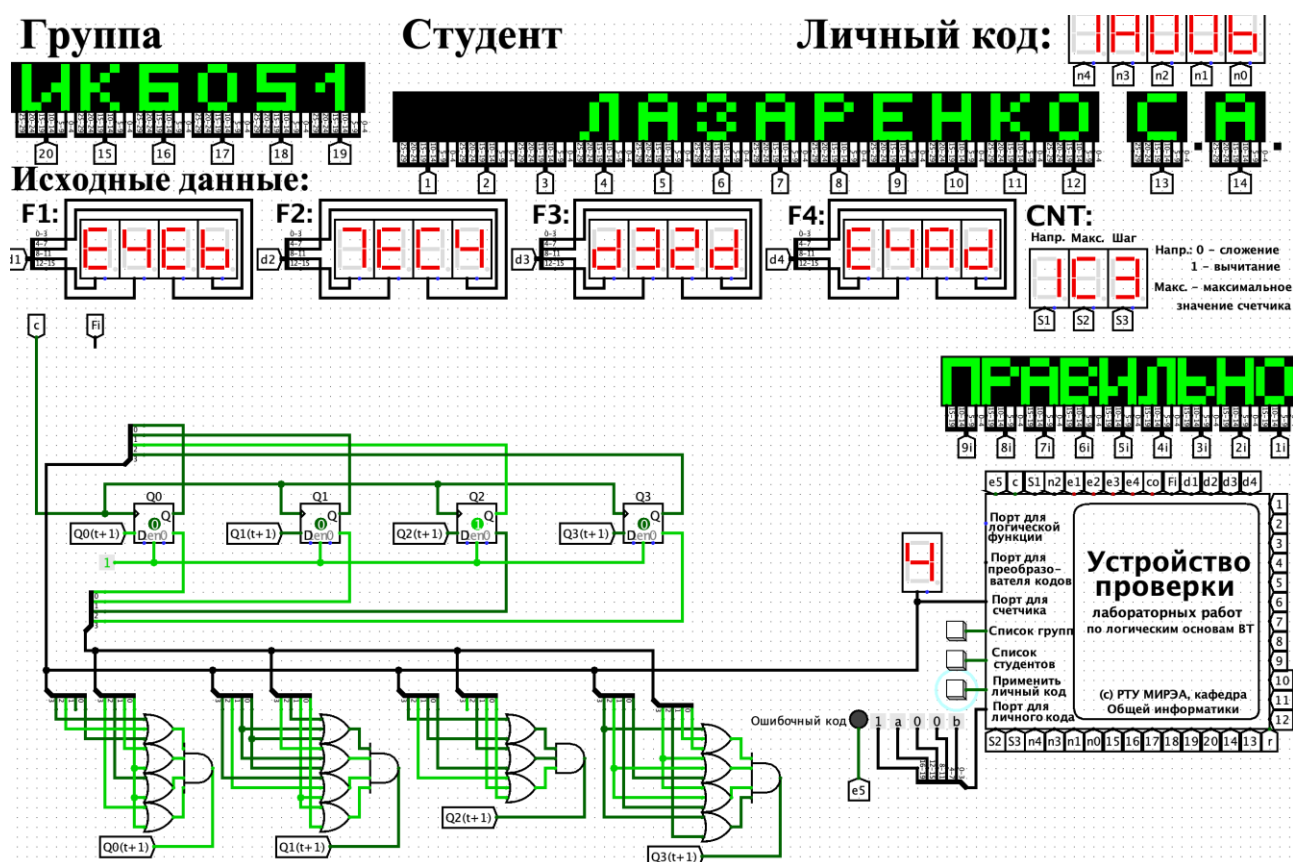


Рисунок 9 – Схема счётчика с подключением к устройству проверки

Как видно из рисунка, тестирование показало правильность работы схемы. Выполним быструю реализацию счётчика при помощи преобразователя кодов в качестве схемы управления триггерами. Здесь не требуется никакая минимизация, необходимо просто по таблице переходов правильно соединить выходы дешифратора с входами шифратора. Таким образом, можно сразу построить схему счётчика (рис. 10).

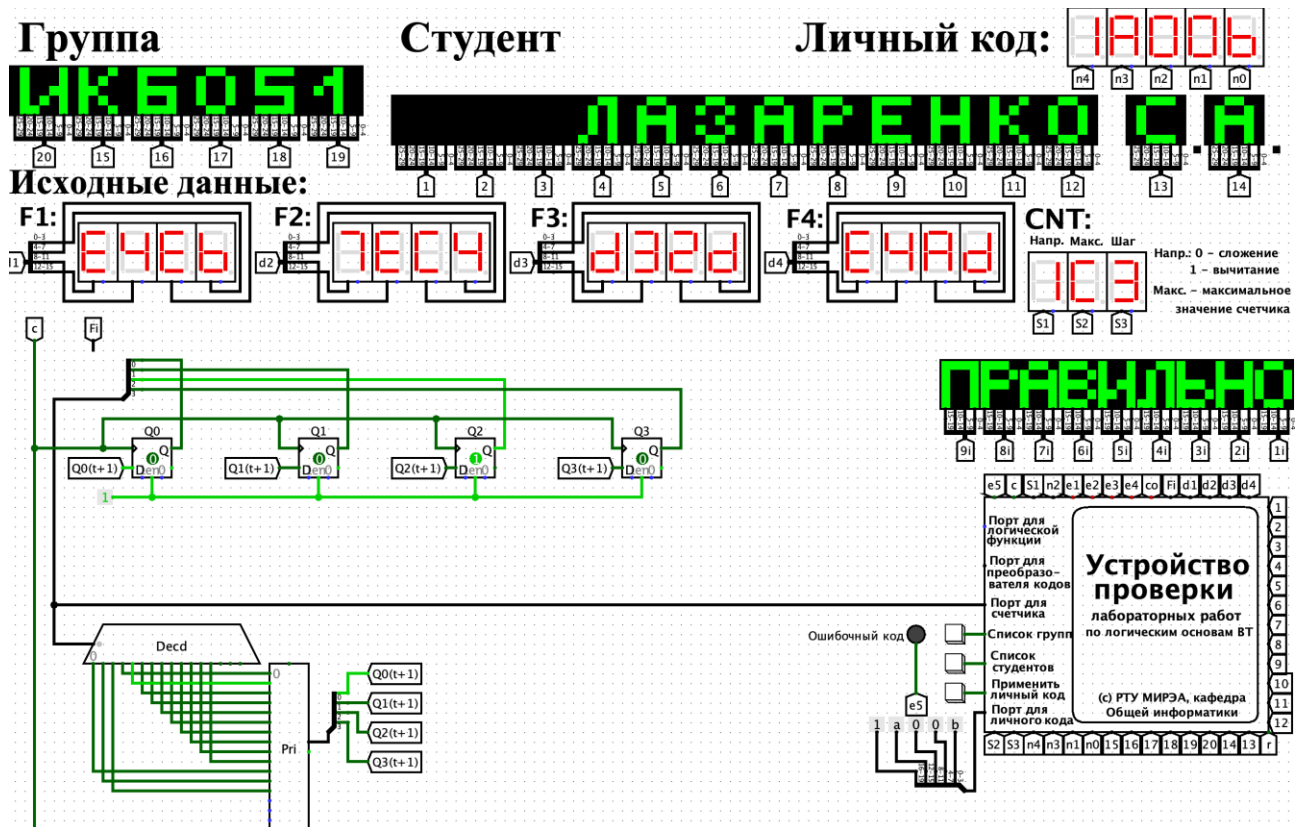


Рисунок 10 – Счётчик со схемой управления, выполненной на преобразователе КОДОВ

### **3 ВЫВОДЫ**

Разработан счётчик с параллельным переносом на D-триггерах двумя способами:

- с оптимальной схемой управления, выполненной на логических элементах общего базиса;
- со схемой управления, реализованной на преобразователе кодов (быстрая реализация, но не оптимальная схема).

В качестве исходных данных использован индикатор CNT лабораторного комплекса. Протестирована работа схемы и подготовлен отчет о проделанной работе.

#### **4 СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Смирнов, С. С. Методические указания по выполнению практических работ для студентов / С. С. Смирнов, Д. А. Карпов. – Москва : МИРЭА – Российский технологический университет, 2020. – 103 с.

2. Лекции по информатике / С.С. Смирнов — М., МИРЭА — Российский технологический университет.