

Министерство образования и науки Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт компьютерных наук и кибербезопасности
Высшая школа технологий искусственного интеллекта
Направление: 02.03.01 «Математика и компьютерные науки»

Отчёт о выполнении лабораторной работы №2
«Синтез комбинационных суммирующих устройств. АЛУ»

Выполнил студент
группы 5130201/40002

_____ Семенов И. А.

Проверила
преподователь

_____ Веробова Н. М.

«_____» 2025г.

Санкт-Петербург
2025

Синтез недвоичного вычитающего счётчика с коэффициентом пересчёта $K = 5$

Цель работы

Изучить принципы синтеза последовательностных схем на примере проектирования недвоичного вычитающего счётчика с использованием J-K триггеров и карт Карно для минимизации логических функций.

1. Определение числа триггеров

Количество триггеров m , необходимое для построения счётчика с M состояниями, определяется соотношением:

$$m \geq \lceil \log_2 M \rceil$$

Для $M = 5$:

$$m \geq \lceil \log_2 5 \rceil = \lceil 2.322 \rceil = 3$$

Таким образом, для построения счётчика понадобится **3 триггера** (Q_1, Q_2, Q_3).

Число избыточных состояний:

$$N = 2^m - M = 2^3 - 5 = 3$$

2. Таблица функционирования счётчика

Вычитающий счётчик работает в последовательности: $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 0 \rightarrow 4 \rightarrow \dots$

Используем естественное двоичное кодирование состояний, где Q_1 — старший разряд, Q_3 — младший разряд.

Таблица 1: Таблица переходов вычитающего счётчика ($M = 5$)

№ сост.	Состояние t			Состояние $t + 1$		
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_1^{t+1}	Q_2^{t+1}	Q_3^{t+1}
4	1	0	0	0	1	1
3	0	1	1	0	1	0
2	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0
5*	1	0	1	—	—	—
6*	1	1	0	—	—	—
7*	1	1	1	—	—	—

Состояния 5, 6, 7 являются избыточными и в нормальном режиме работы не используются.

3. Характеристическая таблица J-K триггера

Таблица 2: Характеристическая таблица J-K триггера

Переход $Q^t \rightarrow Q^{t+1}$	J	K
$0 \rightarrow 0$	0	*
$0 \rightarrow 1$	1	*
$1 \rightarrow 0$	*	1
$1 \rightarrow 1$	*	0

4. Прикладные таблицы (карты Карно переходов)

В ячейках записаны двузначные коды $Q_i^t Q_i^{t+1}$, показывающие переход триггера из текущего состояния в следующее. Прочерк «—» означает избыточное состояние.

	Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_3	01	—	—	00
\overline{Q}_3	00	—	10	00
	\overline{Q}_1	Q_1	Q_1	\overline{Q}_1

Таблица 2. $Q_1(t) \rightarrow Q_1(t + 1)$

	Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_3	10	—	—	01
\overline{Q}_3	11	—	00	00
	\overline{Q}_1	Q_1	Q_1	\overline{Q}_1

Таблица 3. $Q_2(t) \rightarrow Q_2(t + 1)$

	Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_3	10	—	—	10
\overline{Q}_3	01	—	00	01
	\overline{Q}_1	Q_1	Q_1	\overline{Q}_1

Таблица 4. $Q_3(t) \rightarrow Q_3(t + 1)$

5. Карты Карно для входов J и K триггеров

На основе составленных прикладных таблиц и характеристической таблицы J-K триггера составим карты Карно для входов J и K каждого триггера.

5.1. Карты Карно для триггера Q_1

	Q_2	$\overline{Q_2}$	
Q_3	0	—	—
\overline{Q}_3	0	—	*
	\overline{Q}_1	Q_1	Q_1
		\overline{Q}_1	

Таблица 5. J_1

	Q_2	$\overline{Q_2}$	
Q_3	*	—	—
\overline{Q}_3	*	—	1
	\overline{Q}_1	Q_1	Q_1
		\overline{Q}_1	

Таблица 6. K_1

5.2. Карты Карно для триггера Q_2

	Q_2	$\overline{Q_2}$	
Q_3	*	—	—
\overline{Q}_3	*	—	0
	\overline{Q}_1	Q_1	Q_1
		\overline{Q}_1	

Таблица 7. J_2

	Q_2	$\overline{Q_2}$	
Q_3	1	—	—
\overline{Q}_3	0	—	*
	\overline{Q}_1	Q_1	Q_1
		\overline{Q}_1	

Таблица 8. K_2

5.3. Карты Карно для триггера Q_3

	Q_2	$\overline{Q_2}$	
Q_3	*	—	—
\overline{Q}_3	1	—	0
	\overline{Q}_1	Q_1	Q_1
		\overline{Q}_1	

Таблица 9. J_3

	Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_3	1	—	—	1
$\overline{Q_3}$	*	—	*	*
	$\overline{Q_1}$	Q_1	Q_1	$\overline{Q_1}$

Таблица 10. K_3

6. Минимизация и логические уравнения

Из полученных карт Карно составляем логические уравнения для входов триггеров:

$$J_1 = \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_3} \quad K_1 = 1$$

$$J_2 = Q_1 \quad K_2 = \overline{Q_3}$$

$$J_3 = Q_1 + Q_2 \quad K_3 = 1$$

7. Описание схемы счётчика

На основе полученных уравнений строится схема, состоящая из:

- Трёх J-K триггеров (Q_1, Q_2, Q_3)
- Общего тактового входа C , подключённого ко всем триггерам
- Логических элементов:
 - Элемент 2И для формирования $J_1 = \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_3}$ (используя инверсные выходы триггеров)
 - Элемент 2ИЛИ для формирования $J_3 = Q_1 + Q_2$
- Входы K_1 и K_3 подключены к логической «1»
- Вход J_2 подключен напрямую к выходу Q_1
- Вход K_2 подключен к инверсному выходу $\overline{Q_3}$