

# Асинхронные счётчики

Знакомство со средой САПР БИС «Ковчег 3.04».....	1
Комбинационные схемы .....	2
Триггерные устройства .....	3
Параллельные регистры .....	4
Делители частоты.....	5
Синхронные счётчики.....	6
<b>7</b> Асинхронные счётчики.....	<b>7</b>
Пересчётные устройства.....	8

## Лабораторная работа 7: Асинхронные счётчики

7.1. Теоретические сведения .....	7-2
7.2. Лабораторное задание .....	7-10
7.2.1. Пример индивидуального задания .....	7-10
7.2.2. Порядок выполнения работы на примере выполнения индивидуального задания .....	7-10
7.3. Перечень индивидуальных заданий .....	7-16

**Цель работы:** изучить принципы работы, виды и состав счетчиков; овладеть методами синтеза структур асинхронных счётчиков на базе  $D$ - и  $JK$ -триггеров; приобрести навыки в создании, наладке и экспериментальном исследовании структур счётчиков в среде САПР БИС «Ковчег 3.04».

## 7.1. Теоретические сведения

К асинхронным счётчикам относят счётчики с последовательным переносом, построенные на счётных триггерах, и счётчики, построенные на синхронных триггерах, не все тактовые входы которых подключают к входным тактовым импульсам.

Синтез таких счётчиков состоит из следующих процедур.

1. Учитывая динамику, эффективный (активный) перепад на тактовом входе и модуль счёта, определяют тип, количество триггеров и серию элементов.

2. Строят временную диаграмму счётчика по заданной последовательности смены состояний. На ней обязательно должен быть отражен полный замкнутый цикл работы.

3. Определяют цепи, к которым должны быть подключены тактовые входы всех триггеров счётчика по следующей методике. Частота импульсов на тактовом входе  $C$  синхронного триггера определяет максимальную частоту срабатывания триггера. Поэтому тактовый вход триггера должен быть присоединен к той цепи схемы счётчика, в которой, во-первых, активные перепады совпадают с моментами срабатывания данного триггера и, во-вторых, их «период повторения» равен минимальному времени между срабатываниями данного триггера. Период повторения взят в кавычки, так как в общем случае активные перепады располагаются во времени нерегулярно.

4. По временной диаграмме выявляют триггеры, которые работают в счётном режиме. Триггер работает в счётном режиме, если он изменяет свое состояние на противоположное от каждого активного перепада, приходящего на его тактовый вход. Если используется универсальный  $D$ -триггер, то для него сразу (без синтеза!) можно записать  $D_i = \overline{Q}_i$ , а для универсального  $JK$ -триггера —  $J = K = 1$ .

5. Определяют функции возбуждения для всех триггеров, не работающих в счётном режиме. При этом необходимо учитывать следующее:

- при заполнении карт Карно, если они применяются для минимизации функций возбуждения, лучше использовать временные диаграммы, а не таблицы переходов;

- если при переходе от данного состояния к последующему не возникает активного перепада на тактовом входе данного триггера, то значения сигналов на его информационных входах (т.е. функции возбуждения) являются безразличными (будем обозначать «x»);

- функции возбуждения принимаются безразличными и в состояниях, которые не входят в рабочий цикл счётчика (будем обозначать «-»);

- если при переходе от данного состояния к последующему возникает активный перепад на тактовом входе рассматриваемого триггера, то в данном состоянии для функций возбуждений триггера записываются их значения из характеристической таблицы, соответствующие переходу триггера в следующее состояние.

Это следует из того, что поведение триггера определяется потенциалами, действующими на его информационных входах в момент появления активного перепада на тактовом входе. Следовательно, эти потенциалы должны формироваться в состоянии, из которого осуществляется переход в следующее состояние.

6. Минимизируя функции возбуждения для всех триггеров, не работающих в счётном режиме, оформляют схему счётчика.

7. Проверяют, является ли схема самовосстанавливающейся.

8. Оформляют окончательную принципиальную схему счётчика.

*Пример 1.* Синтезировать суммирующий асинхронный счётчик с модулем счёта  $M = 12$  с естественным порядком изменения состояний, начиная с нулевого, на универсальных  $D$ -триггерах. Порядок выполнения следующий.

1. Тип триггера задан, количество триггеров  $n = \lceil \log_2 12 \rceil = 4$ .

2. Строим временные диаграммы (рис. 7.1).

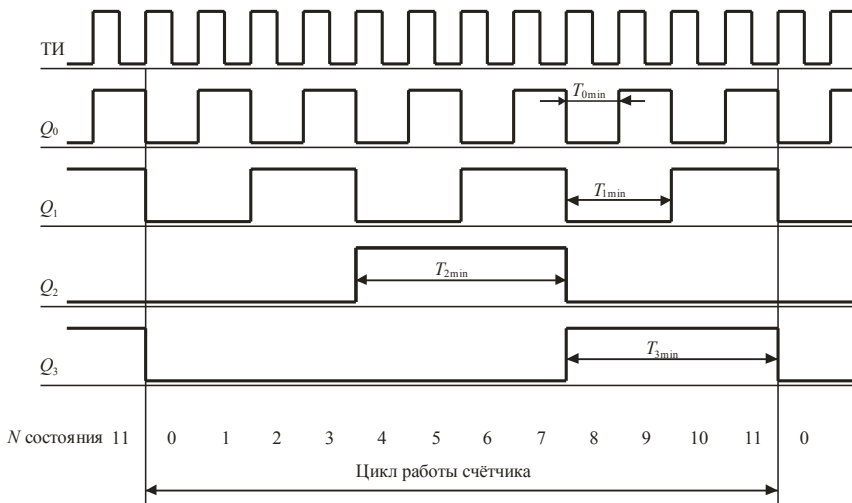


Рис. 7.1. Временные диаграммы суммирующего счётчика с  $M = 12$

3. Моменты срабатывания триггера разряда  $Q_0$  счётчика совпадают с положительными (01) перепадами тактовых сигналов ТИ, а минимальное время  $T_{0min}$  между срабатываниями этого триггера равно периоду тактовых импульсов, следовательно, тактовый вход триггера разряда  $Q_0$  должен быть соединен с входными тактовыми импульсами.

Моменты срабатывания триггера разряда  $Q_1$  счётчика совпадают с положительными перепадами тактовых сигналов и инверсного выхода триггера разряда  $Q_0$ , а минимальное время  $T_{1min}$  между срабатываниями триггера  $Q_1$  равно двум периодам ТИ и одному периоду  $Q_1$ , следовательно, тактовый вход триггера разряда  $Q_1$  должен быть соединен с инверсным выходом  $\overline{Q_0}$ .

Применяя правило подключения тактовых входов  $\overline{K}$  разрядам  $Q_2$  и  $Q_3$ , окончательно можно записать:  $C_0 = \text{ТИ}$ ;  $C_1 = \overline{Q_0}$ ;  $C_2 = C_3 = \overline{Q_1}$ .

На рис. 7.2 показана схема подключения тактовых входов всех триггеров проектируемого счётчика.

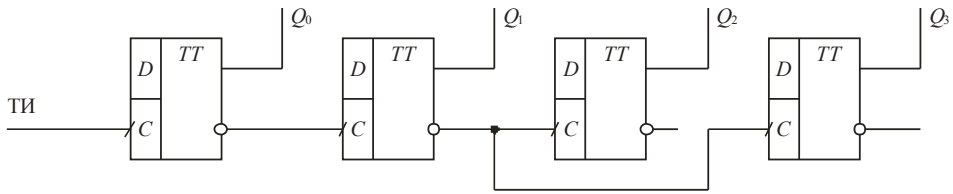


Рис. 7.2. Схема подключения тактовых входов триггеров асинхронного счётчика

4. Из временных диаграмм (рис. 7.1) видно, что триггеры разрядов  $Q_0$  и  $Q_1$  срабатывают от каждого проходящего на их тактовые входы перепада 01, следовательно, они работают в счётном режиме, т.е. сразу можно записать:  $D_0 = \overline{Q_0}$ ;  $D_1 = \overline{Q_1}$ .

Триггеры  $Q_2$  и  $Q_3$  не работают в счётном режиме, так как триггер  $Q_2$  совершает переход  $0 \rightarrow 0$  при действии тактового сигнала на его входе в процессе смены состояния 1011 на состояние 0000, а триггер  $Q_3$  совершает переход  $0 \rightarrow 0$  при смене состояния 0011 на 0100.

5. Заполняем карты Карно для функций возбуждения  $D_2$  и  $D_3$  (рис. 7.3).

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

$D_2$

		$Q_1$			
		×	0	×	×
$Q_3$		-	-	-	-
		×	0	×	×
		×			
		$Q_0$			

$Q_2$

$\bar{b}$

$D_3$

		$Q_1$			
		×	0	×	×
$Q_3$		-			
		×	1	×	×
		$Q_0$			
		×	0	×	×

$Q_2$

$\bar{v}$

Рис. 7.3. Карты Карно:  $a$  — эталонная;  $\bar{b}$  — для  $D_2$ ;  $\bar{v}$  — для  $D_3$

Так как в течение цикла работы счётчика на тактовых входах  $C_2$  и  $C_3$  действует только три разрешающих (активных) перепада, а именно при смене состояний  $3 \rightarrow 4$ ,  $7 \rightarrow 8$  и  $11 \rightarrow 0$ , то в данных картах Карно будет только три определённых значения для  $D_2$  и  $D_3$ , которые должны быть сформированы в состояниях 3; 7 и 11. Например, для  $D_2$  триггер  $Q_2$  при смене состояния 3 на состояние 4 совершает переход 01, следовательно, в состоянии 3 должно быть  $D_2 = 1$ . Рассуждая аналогично, можно записать  $D_2 = 0$  в состояниях 7 и 11. При смене состояний  $0 \rightarrow 1$ ,  $1 \rightarrow 2$ ,  $2 \rightarrow 3$ ,  $4 \rightarrow 5$ ,  $5 \rightarrow 6$ ,  $6 \rightarrow 7$ ,  $8 \rightarrow 9$ ,  $9 \rightarrow 10$ ,  $10 \rightarrow 11$  на тактовых входах  $C_2$  и  $C_3$  не возникает активного перепада 01, следовательно, в состояниях 0, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 и 10 значения  $D_2$  и  $D_3$  безразличны. В картах Карно эти значения отмечены знаком «x». В рабочем цикле отсутствуют состояния 12, 13, 14, 15, следовательно, и в этих состояниях значения  $D_2$  и  $D_3$  безразличны. В картах Карно эти значения отмечены знаком «-».

6. Из карт Карно (рис. 7.3, б, в) следует:

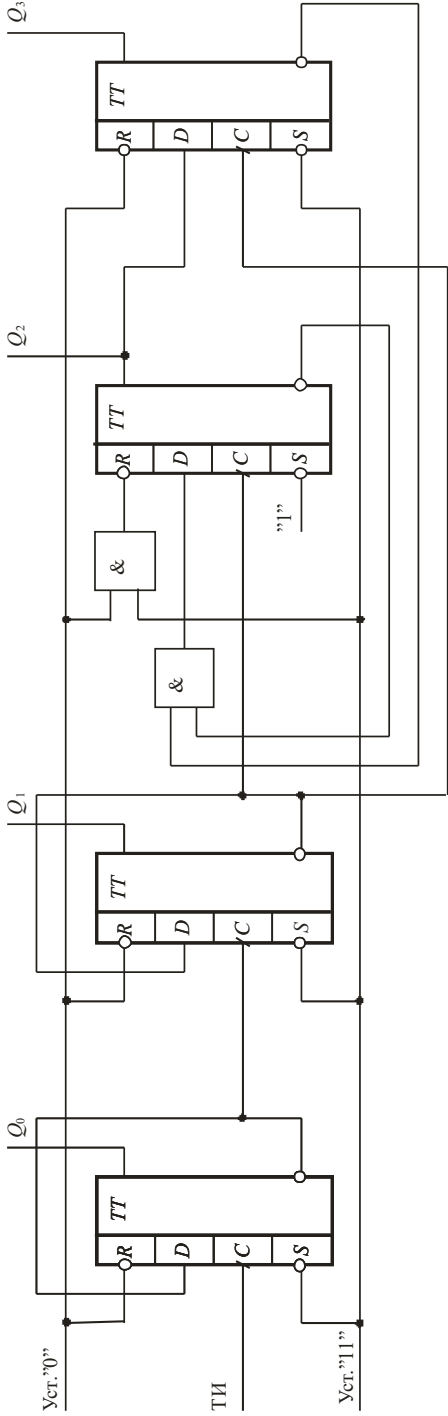
$$\left. \begin{aligned} D_2 &= \overline{Q_3} \cdot \overline{Q_2}, \\ D_3 &= Q_2. \end{aligned} \right\}$$

На рис. 7.4, а приведена схема асинхронного суммирующего счётчика с  $M = 12$ .

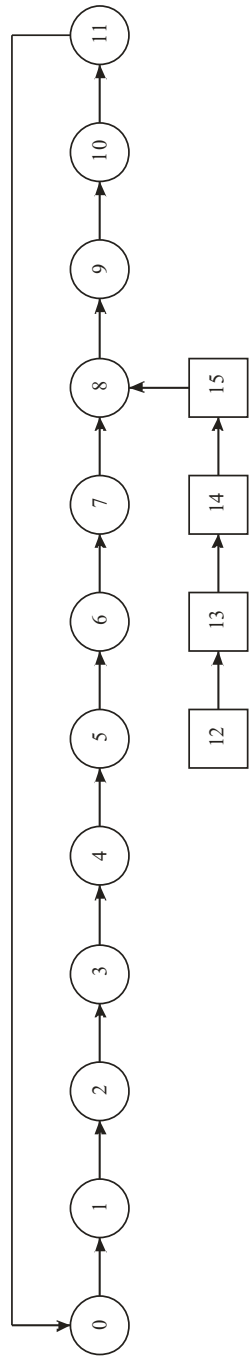
7. Проверим, является ли полученная схема самовосстанавливающейся. Так как схема асинхронная, необходимо анализировать поведение каждого триггера отдельно. Пусть счётчик установился в состояние  $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 1100$  (при первичном включении или под действием помех). Так как на входе  $C_0$  триггера  $Q_0$ , работающего в счётном режиме, действуют входные тактовые импульсы, то первый тактовый импульс изменит состояние  $Q_0 = 0$  на  $Q_0 = 1$ . На выходе  $\overline{Q_0}$  возникает неактивный переход 10, следовательно, триггеры  $Q_1$ ,  $Q_2$  и  $Q_3$  не изменят своего состояния. Итак, из состояния 12 (1100) счётчик перейдет в состояние 13 (1101) и т.д. На рис. 7.4, б приведен граф переходов счётчика.

Вершины, соответствующие рабочим состояниям, обозначены кружком, а нерабочим — квадратом. Из графа видно, что схема является самовосстанавливающейся.

8. Схема, представленная на рис. 7.4, а, является окончательной.



а



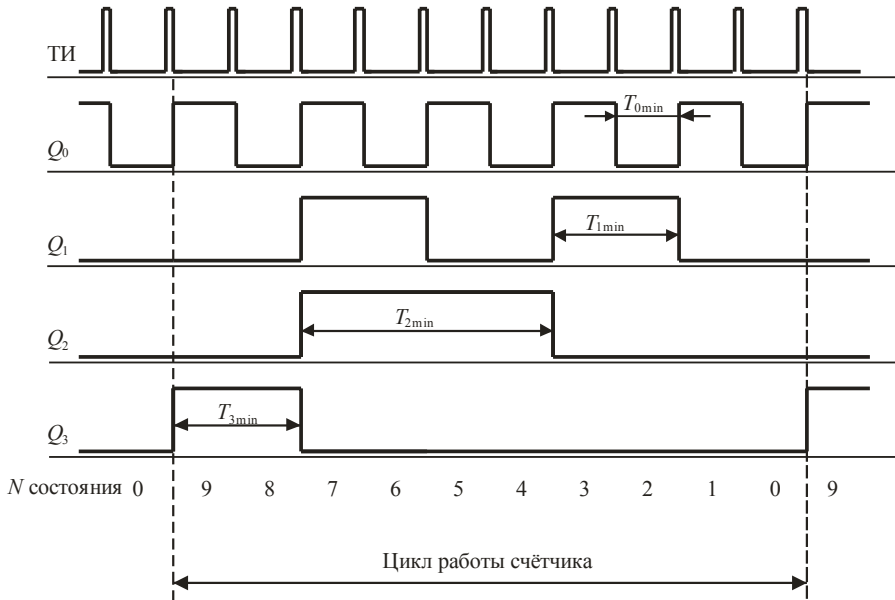
б

Рис. 7.4. Схема асинхронного суммирующего счётчика с  $M = 12$  (а) и его граф переходов (б)

**Пример 2.** Синтезировать вычитающий асинхронный двоично-десятичный счётчик в коде 8-4-2-1 (с естественным кодированием состояний), срабатывающий от переходов 10. Порядок выполнения следующий.

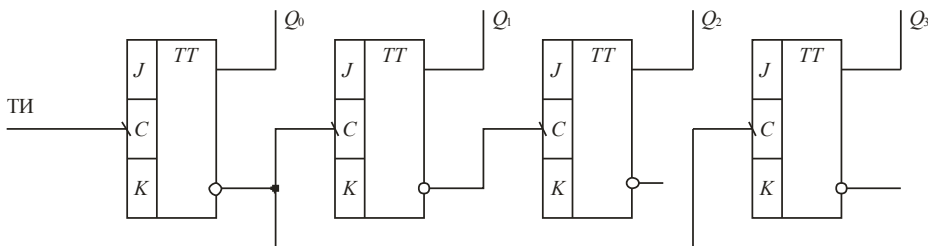
1. Учитывая, что счётчик срабатывает от переходов 10, выбираем  $JK$ -триггеры. Количество триггеров  $n = \lceil \log_2 10 \rceil = 4$ .

2. Строим временные диаграммы (рис. 7.5).



**Рис. 7.5.** Временные диаграммы вычитающего двоично-десятичного счётчика

3. Анализируя (как в примере 1) временные диаграммы, получаем  $C_0 = \overline{TI}$ ;  $C_1 = \overline{Q_0}$ ;  $C_2 = \overline{Q_1}$ ;  $C_3 = \overline{Q_2}$ ;  $C_4 = \overline{Q_3}$ . Схема подключения тактовых входов триггеров приведена на рис. 7.6.



**Рис. 7.6.** Схема подключения тактовых входов триггеров асинхронного счётчика

4. Из временных диаграмм (рис. 7.5) видно, что триггеры разрядов  $Q_0$  и  $Q_2$  работают в счётном режиме, т.е.  $J_0 = K_0 = J_2 = K_2 = 1$ .

5. Заполняем карты Карно для функций возбуждения  $J_1$ ;  $K_1$ ;  $J_3$ ;  $K_3$  (рис. 7.7), используя характеристическую таблицу  $JK$ -триггера (табл. 3.20).



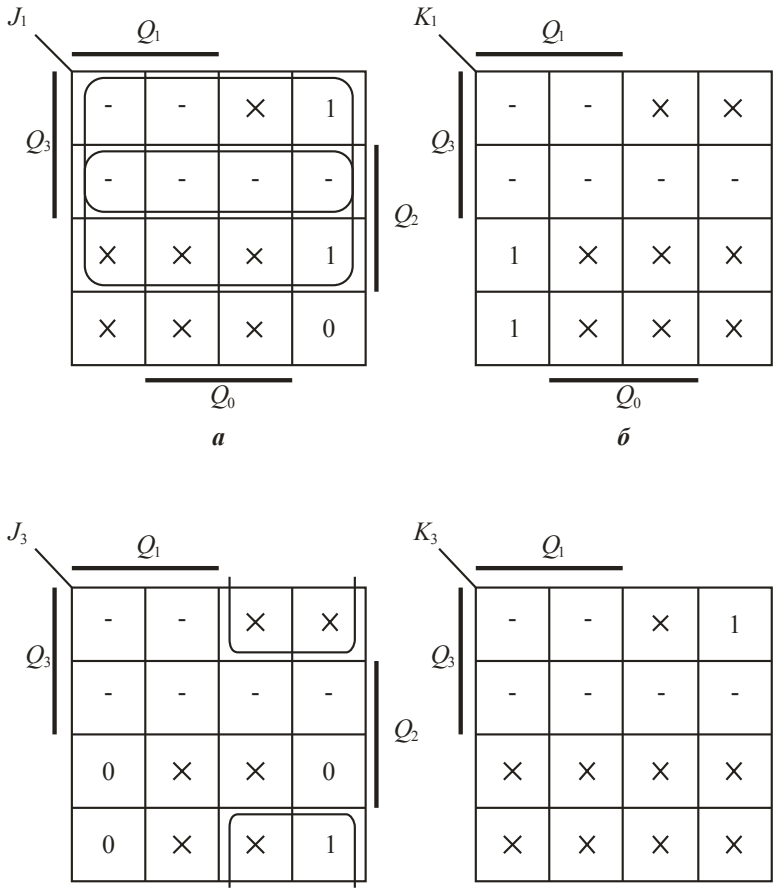


Рис. 7.7. Карты Карно: а — для  $J_1$ ; б — для  $K_1$ ; в — для  $J_3$ ; г — для  $K_3$

6. Так как в течение цикла работы счётчика на тактовых входах  $C_1$  и  $C_3$  действуют только пять разрешающих (активных) перепадов, а именно при смене состояний  $0 \rightarrow 9, 8 \rightarrow 7, 6 \rightarrow 5, 4 \rightarrow 3$  и  $2 \rightarrow 1$ , то в картах Карно будет только пять значений для  $J_1; K_1; J_3; K_3$ , определяемых табл. 3.20, которые должны быть сформированы в состояниях 0, 8, 6, 4 и 2. Например, для  $J_1$  и  $K_1$  триггер  $Q_1$  при смене состояния 0 на состояние 9 совершает переход 00, следовательно, в состоянии 0 должно быть  $J_1 = 0; K_1 = \times$ . При смене состояний  $8 \rightarrow 7$  триггер  $Q_1$  совершает переход 01, следовательно, в состоянии 8 должно быть  $J_1 = 1; K_1 = \times$ , и т.д. В состояниях 9, 7, 5, 3 и 1 значения  $J_1$  и  $K_1$  безразличны, т.е.  $J_1 = K_1 = \times$ . В нерабочих состояниях 10–15 значения  $J_1$  и  $K_1$  также безразличны. В этих состояниях для  $J_1$  и  $K_1$  принято обозначение «-».

7. Из карт Карно (рис.7.7) следует:

$$\left. \begin{aligned} J_1 &= Q_3 + Q_2 = \overline{\overline{Q_3} \cdot \overline{Q_2}}; & K_1 &= 1, \\ J_3 &= \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1}; & K_3 &= 1. \end{aligned} \right\}$$

На рис. 7.8, а приведена схема проектируемого счётчика.

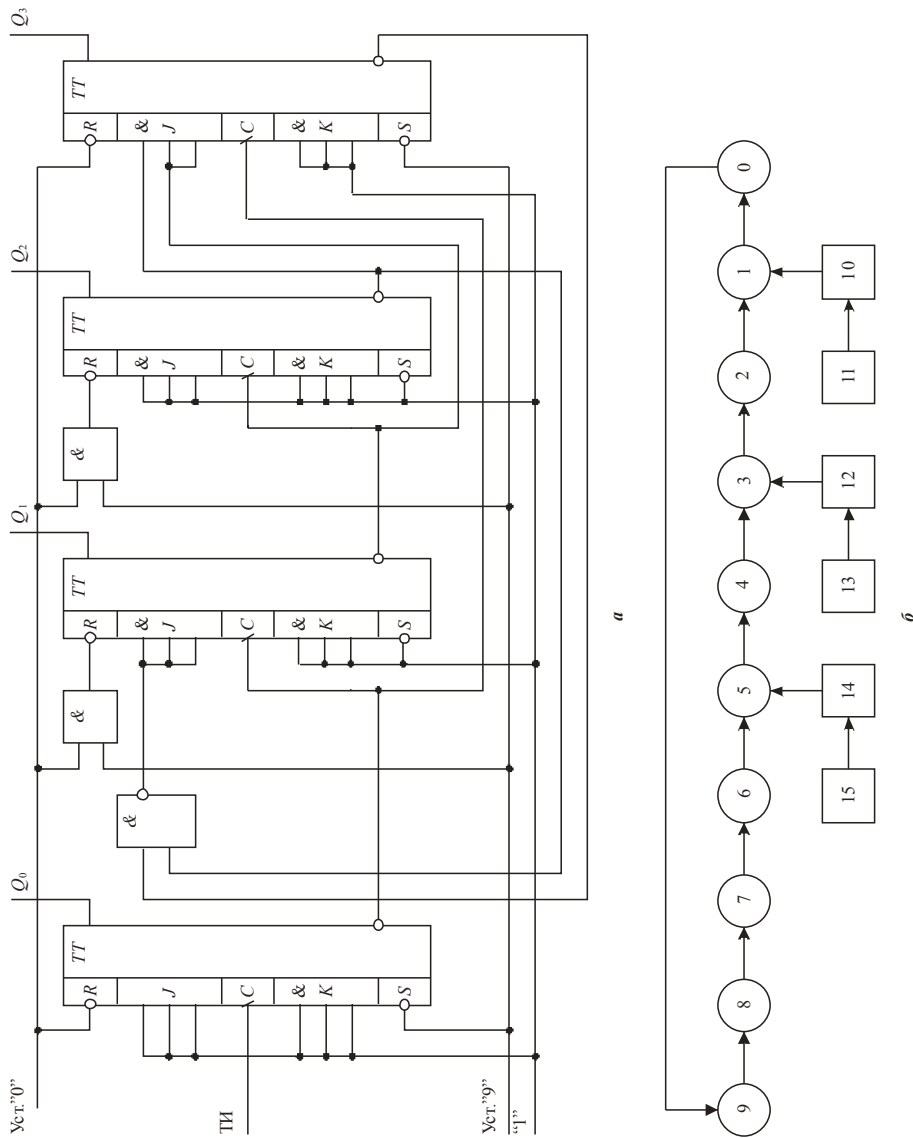


Рис. 7.8. Схема асинхронного вычитающего двоичного счётчика (а) и его граф переходов (б)

8. Проверим, является ли полученная схема самовосстанавливающейся. Пусть счётчик установился в состояние 15 (1111). Так как на входе  $C_0$  триггера  $Q_0$ , работающего в счётном режиме, действуют входные тактовые импульсы, то первый тактовый импульс изменит состояние  $Q_0 = 1$  на  $Q_0 = 0$ . На выходе  $\bar{Q}_0$  возникает неактивный перепад 01, следовательно, триггеры  $Q_1$ ,  $Q_2$  и  $Q_3$  не изменяют своего состояния. Итак, из состояния 15 счётчик перейдет в состояние 14. В состоянии 14 сформируются сигналы  $J_1 = 1$ ;  $J_3 = 0$ ; ( $K_1 = K_3 = 1$ ). Второй тактовый импульс изменит состояние  $Q_0 = 0$  на  $Q_0 = 1$ . На выходе  $\bar{Q}_0$  возникает активный перепад 10, действующий на входах  $C_1$  и  $C_3$ , следовательно, триггер  $Q_1$  установится в состояние 0 (до этого он был в состоянии 1), так как в состоянии 14  $J_1 = K_1 = 1$ , а триггер  $Q_3$  также установится в состояние 0, так как в состоянии 14  $J_3 = 0$ ;  $K_3 = 1$ . На выходе  $\bar{Q}_1$  формируется неактивный переход 01, следовательно, триггер  $Q_2$  не изменит свое состояние  $Q_2 = 1$ . Итак, из состояния 14 счётчик перейдет в состояние 5, которое является рабочим.

Полный граф переходов приведен на рис. 7.8, б, из которого следует, что схема (рис. 7.8, а) является самовосстанавливающейся и окончательной.

## 7.2. Лабораторное задание

Выполнить синтез структур, заданных в индивидуальном задании, построить временные диаграммы работы.

### 7.2.1. Пример индивидуального задания

Используя *JK*-триггеры, синтезировать вычитающий асинхронный счётчик, считающий от 11 до 0.

### 7.2.2. Порядок выполнения работы на примере выполнения индивидуального задания

Для синтеза асинхронного счётчика составим временную диаграмму работы, показанную на рис. 7.9.

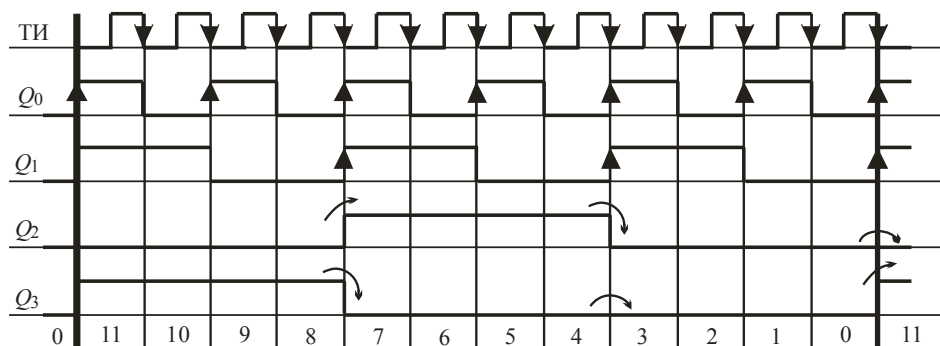


Рис. 7.9. Временная диаграмма работы асинхронного счётчика, считающего от 11 до 0

По временной диаграмме определим цепи подключения тактовых входов каждого из триггеров. Следует выбирать такие цепи, которые, с одной стороны, могут обеспечить переходы триггера, с другой стороны, должны иметь как можно меньше переключений. В результате анализа получаем

$$C0 = \text{ТИ};$$

$$C1 = \overline{Q_0};$$

$$C2 = \overline{Q_1};$$

$$C3 = \overline{Q_1}.$$

Используя полученные выражения, по временной диаграмме рис. 7.8 определим триггеры, которые работают в счётном режиме. Триггер работает в счётном режиме, если он изменяет своё состояние на противоположное при каждом активном фронте на входе тактового импульса. Видно, что в счётном режиме работают триггеры, формирующие выходы  $Q_0$  и  $Q_1$ . Если схема строится на базе  $D$ -триггеров, то для построения счётного триггера достаточно на его информационный вход  $D$  подать инверсное состояние его выхода ( $\overline{Q}$ ). Если схема строится на базе  $JK$ -триггеров, то для построения счётного триггера необходимо на его информационные входы  $J$  и  $K$  подать уровень логической «1». Триггеры  $Q_2$  и  $Q_3$  работают в несчётном режиме, поэтому для их информационных входов составляем карты Карно. На картах Карно отметим состояния, отсутствующие в рабочем цикле, чёрточками «-». Заметим также, что в состояниях 1, 3, 5, 7, 9, 11 на тактовый вход триггеров  $Q_2$  и  $Q_3$  приходит неактивный фронт тактового сигнала, поэтому триггер физически не может изменить состояние на своём выходе. Поэтому в этих состояниях в карте Карно ставим знак «×». В остальных клетках заполняем значения информационных входов, исходя из требуемых переходов (они отмечены дугами на рис. 7.8) и характеристической таблицы (табл. 3.20) для  $JK$ -триггера.

Заполненные карты Карно показаны на рис. 7.10.

Минимизируем значения функций алгебры логики  $J_3, K_3, J_2, K_2$ :

$$J_2 = Q_3;$$

$$K_2 = 1;$$

$$J_3 = \overline{Q_2};$$

$$K_3 = 1.$$

Перед построением схемы счётчика необходимо убедиться, что он является самовосстанавливающимся, т.е. счётчик за конечное число шагов переходит в рабочий цикл, даже если он начинает счёт из состояния, непредусмотренного режимом работы. Для этого должны быть проанализированы состояния с «12» по «15». Анализ пояснён в табл. 7.1–7.4. «Сч. р.» в таблицах означает «Счётный режим». Следует начинать проверку с младшего разряда к старшему, т.е. от разряда  $Q_0$  к разряду  $Q_3$ . Анализируя текущие состояния, таблицу заполняют с правых столбцов к левым. Таким образом, получаем, что счётчик из состояния «15» ( $1111_2$ ) перейдёт в состояние «14» ( $1110_2$ ) и т.д. Результат проверки, оформленный в виде графа, приведён на рис. 7.11, где в квадратах отмечены нерабочие состояния.

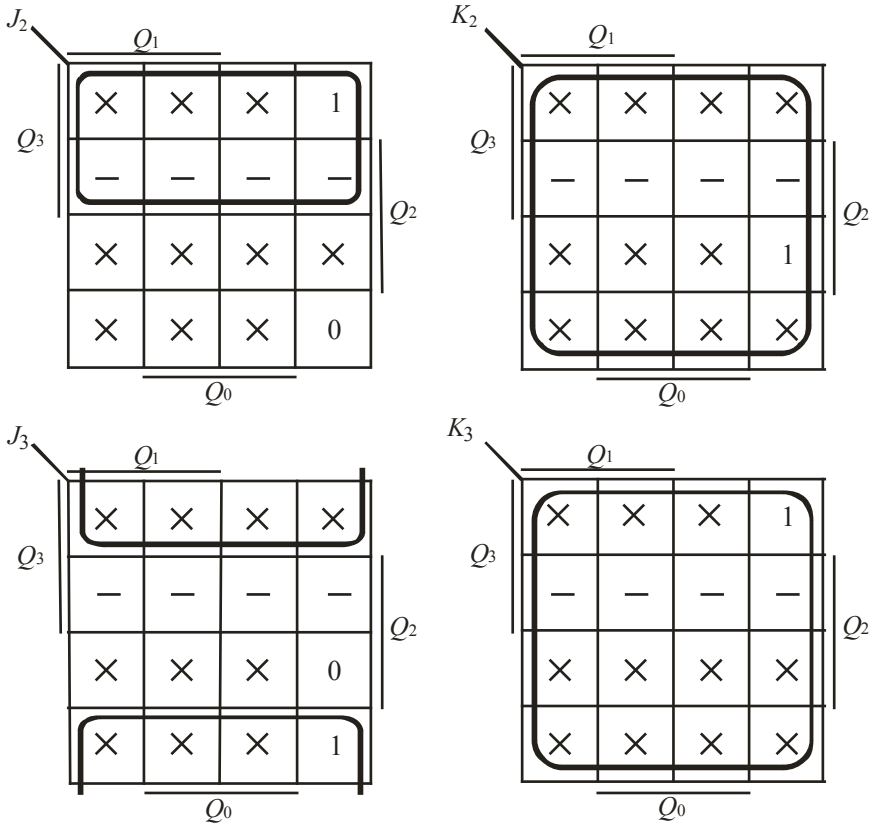


Рис. 7.10. Карты Карно для триггеров, работающих в несчётном режиме

Таблица 7.1. Проверка выхода счётчика из нерабочего состояния «15»

	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
Значение выхода до переключения	1	1	1	1
Тактовый импульс	Нет	Нет	Нет	Есть
Состояние входов $J, K$	x	x	x	Сч. р.
Значение выхода после переключения	1	1	1	0

Таблица 7.2. Проверка выхода счётчика из нерабочего состояния «14»

	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
Значение выхода до переключения	1	1	1	0
Тактовый импульс	Нет	Нет	Есть	Есть
Состояние входов $J, K$	x	x	Сч. р.	Сч. р.
Значение выхода после переключения	1	1	0	1

Таблица 7.3. Проверка выхода счётчика из нерабочего состояния «13»

	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
Значение выхода до переключения	1	1	0	1
Тактовый импульс	Нет	Нет	Нет	Есть
Состояние входов $J, K$	×	×	×	Сч. р.
Значение выхода после переключения	1	1	0	0

Таблица 7.4. Проверка выхода счётчика из нерабочего состояния «12»

	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
Значение выхода до переключения	1	1	0	0
Тактовый импульс	Есть	Есть	Есть	Есть
Состояние входов $J, K$	0,1	1,1	Сч. р.	Сч. р.
Значение выхода после переключения	0	0	1	1

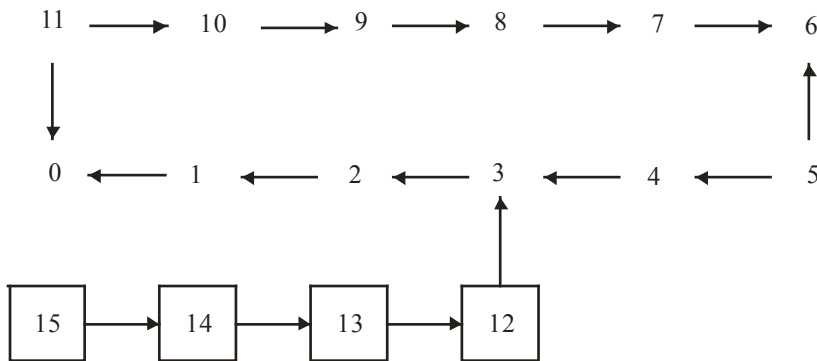
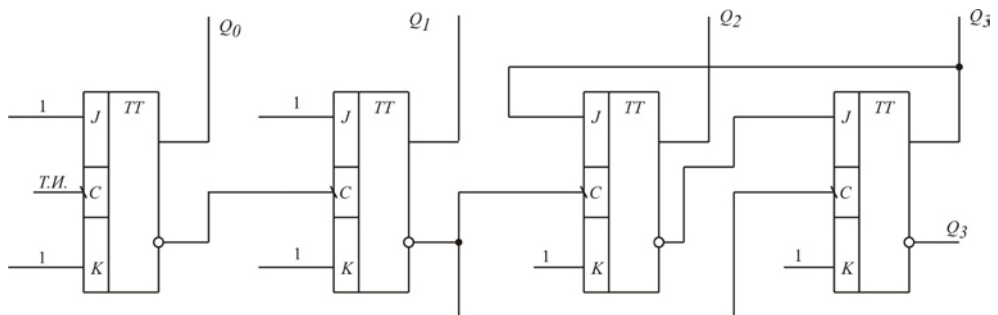


Рис. 7.11. Рабочий цикл асинхронного счётчика и вход в него из нерабочих состояний

После того как выполнена проверка на самовосстанавливаемость разрабатываемого счётчика, нарисует его схему (рис. 7.12).

Рис. 7.12. Схема асинхронного счётчика на  $JK$ -триггерах, считающего от 11 до 0

Реализуем схему асинхронного счётчика, показанную на рис. 7.12 в среде САПР «Ковчег 3.04». Используя методические указания к предыдущим работам, создайте новый проект «lab7» с головной схемой *ASIN* и схему *ASIN* в графическом формате. Результат приведён на рис. 7.13.

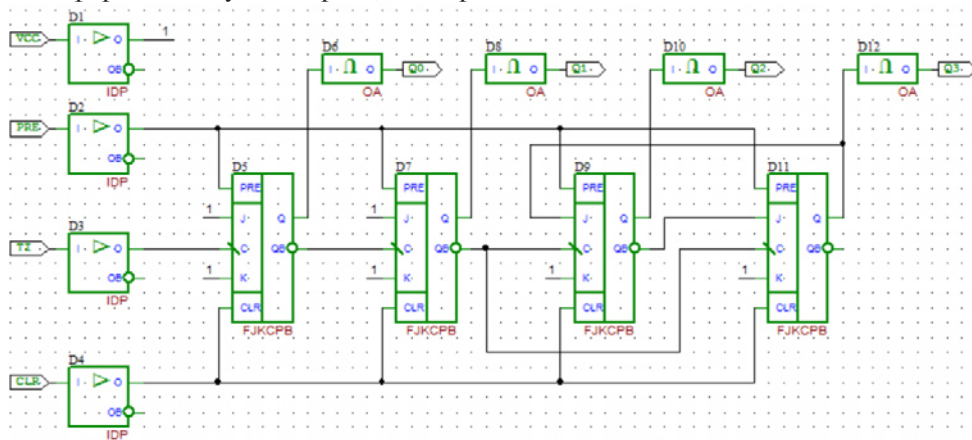


Рис. 7.13. Схема асинхронного счётчика на *JK*-триггерах, в среде САПР «Ковчег»

При реализации схемы использовались *JK*-триггеры, тактируемые по спадающему фронту (ячейки с именем *FJKCPB*). В качестве входных периферийных ячеек применены ячейки с именем *IDP*, выходных — *OA*.

У используемых ячеек *JK*-триггеров присутствуют входы асинхронного сброса (*PRE*) и установки (*CLR*). На схеме эти входы объединены в отдельные цепи и подключены к входным сигналам для обеспечения возможности управления выходами триггеров.

Согласно проведённому синтезу часть входов триггеров должна быть подключена к логической «1». Для этого в библиотеке 5503 нужно использовать ячейку с именем *UP*. На реализованной схеме ячейки *UP* умышленно не использовались, т.к. на каждый вход триггера, где должна быть сформирована логическая «1», должна быть подключена отдельная ячейка *UP*. Это загромодило бы чертёж, и восприятие схемы снизилось бы. Вместо этого в схеме применён дополнительный вход с именем *VCC*, который после периферийной ячейки имеет имя «1». Для правильной работы схемы в подсистеме моделирования необходимо обеспечить высокий уровень сигнала на этом входе.

В качестве контрольных точек используем входные тактовые импульсы (*T1*), выход асинхронного счётчика, состоящий из четырёх разрядов, сгруппированных в одну группу и имеющую интерпретацию значений в десятичной системе исчисления (*Q{Q3, Q2, Q1, Q0}D*), а также выходы разрядов по отдельности (*Q3, Q2, Q1, Q0*):

1. «Контрольные точки»
2. Такты, Выходы\_в\_группе, Выходы\_по\_отдельности;
3. Такты: *T1*;
4. Выходы\_в\_группе: *Q{Q3, Q2, Q1, Q0}D*;
5. Выходы\_по\_отдельности: *Q3, Q2, Q1, Q0*;

Тест реализуем из двух подтестов — «Инициализация» и «Проверка»:

1. «Тест асинхронного счётчика»
2. Инициализация, Проверка;
- 3.
4. Инициализация:
5.  $TI=(0,1):2;$
6.  $CLR=1;$
7.  $PRE=0;$
8.  $VCC=1;$
- 9.
10. Проверка:
11.  $TI=(0,1):100;$
12.  $CLR=0;$
13.  $PRE=0;$
14.  $VCC=1;$

Во время инициализации на входы *PRN* всех триггеров подаётся активный уровень (логическая «1»). Это обеспечит сброс выходов всех разрядов в нулевое состояние. Этот режим будет длиться два полных периода на входе тактовых импульсов (*TI*).

Во время подтеста «Проверка» для моделирования зададим 100 периодов тактовых импульсов. При этом сигналы *CLR* и *PRN* будут иметь неактивное нулевое состояние, а на входе *VCC* будет обеспечен высокий уровень в соответствии с описанной выше логикой.

Убедившись, что контрольные точки и тесты написаны без ошибок (процесс трансляции должен пройти без ошибок), получим результат моделирования построенной схемы, который представлен на рис. 7.14.



Рис. 7.14. Результат моделирования реализованного асинхронного счётчика в среде САПР «Ковчег»

Полученная диаграмма (рис. 7.14) в случае правильного проектирования должна совпасть с расчётной (рис. 7.9). При несовпадении временных диаграмм необходимо найти ошибки синтеза или ошибки в схеме и исправить их, после чего снова выполнить симуляцию работы проекта.



### 7.3. Перечень индивидуальных заданий

1. Синтезировать счётчик с указанными в индивидуальном задании характеристиками.

2. Добиться того, чтобы счётчик являлся самовосстанавливающимся.

3. Показать на графе переходов пути входа в рабочий цикл.

#### **Вариант 1**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 9 до 0.

#### **Вариант 2**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 6 до 11.

#### **Вариант 3**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 11 до 2.

#### **Вариант 4**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 9 до 2.

#### **Вариант 5**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 4 до 13.

#### **Вариант 6**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 15 до 4.

#### **Вариант 7**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 13 до 4.

#### **Вариант 8**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 6 до 11.

#### **Вариант 9**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 13 до 6.

#### **Вариант 10**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 11 до 6.

#### **Вариант 11**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 13 до 4.

#### **Вариант 12**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 1 до 10.

#### **Вариант 13**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 11 до 6.

#### **Вариант 14**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 11 до 2.

#### **Вариант 15**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 5 до 14.

#### **Вариант 16**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 9 до 0.

#### **Вариант 17**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 5 до 14.

**Вариант 18**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 15 до 4.

**Вариант 19**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 11 до 0.

**Вариант 20**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 9 до 2.

**Вариант 21**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 15 до 4.

**Вариант 22**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 1 до 11.

**Вариант 23**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 10 до 1.

**Вариант 24**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 0 до 11.

**Вариант 25**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 2 до 9.

**Вариант 26**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 15 до 6.

**Вариант 27**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 4 до 13.

**Вариант 28**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 4 до 9.

**Вариант 29**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 0 до 9.

**Вариант 30**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 13 до 6.

**Вариант 31**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 4 до 15.

**Вариант 32**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 15 до 6.

**Вариант 33**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: вычитающий, асинхронный, считающий от 9 до 4.

**Вариант 34**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 6 до 13.

**Вариант 35**

Тип триггеров: *JK*. Счётчик: суммирующий, асинхронный, считающий от 2 до 11.