

## Лабораторная работа

### ЦИФРОВЫЕ СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ

Цель работы: изучение структуры и принципа действия цифровых счетчиков; исследование работы двоичного счетчика и счетчиков с постоянным модулем счета.

#### Общие сведения

Цифровые счетчики импульсов предназначены для подсчета входных импульсов и фиксации их числа в каком-либо коде. Они относятся к наиболее распространенным цифровым устройствам и строятся на основе триггеров.

Коэффициентом или модулем счета  $K$  называют наибольшее число импульсов, которое может сосчитать счетчик. По модулю счетчики делятся на двоичные ( $K=2^N$ ), декадные ( $K=10$ ), с произвольным постоянным модулем, с переменным модулем.

По принципу работы различают: последовательные или асинхронные счетчики, у которых информация передается по цепочке триггеров, начиная с входного; параллельные или синхронные, у которых входные импульсы поступают одновременно на все триггеры, что увеличивает быстродействие.

По целевому назначению счетчики бывают суммирующими, вычитающими и реверсивными. Суммирующий счетчик с приходом каждого нового импульса увеличивает показание на единицу, вычитающий – уменьшает. Реверсивные счетчики могут работать на обоих режимах в зависимости от сигнала на схеме управления.

Схема, условное обозначение и временная диаграмма работы последовательного суммирующего счетчика на трех  $T$ -триггерах приведены на рисунке 1. Триггеры меняют свое состояние по спаду входного импульса, т.е. при изменении уровня от 1 до 0.  $R$ -входы всех триггеров объединены и на них подается высокий уровень напряжения ( $R=1$ ) для предварительной очистки счетчика и установки  $Q_1=Q_2=Q_3=0$ . Когда на вход триггера  $T_1$  поступает первый импульс, триггер переходит в состояние  $Q_1=1$ . При этом записывается единица в первый разряд счетчика. Положение остальных триггеров не меняется. Второй импульс перебрасывает  $T_1$  в состояние  $Q_1=0$ . Выход  $Q_1$  соединен со входом второго триггера и по спаду сигнала ( $Q_1$  изменился с 1 до 0)  $T_2$  тоже изменит свое состояние –  $Q_2=1$ . Записывается единица во второй разряд счетчика, что соответствует числу 2 в десятичной системе. Третий импульс –  $Q_1=1$  и  $Q_2=1$ . После четвертого импульса  $Q_1=0$ ,  $Q_2=0$  и  $Q_3=1$ , т.к. сработал третий триггер по срезу выходного сигнала  $T_2$ . Восьмой импульс вернет все триггеры в исходное состояние  $Q_1=Q_2=Q_3=0$ . Модуль счета счетчика  $K=2^3=8$ . Если счетчик состоит из  $N$  триггеров, то  $K=2^N$ . Число, записанное в

счетчике, считывается от старшего триггера  $T3$  к младшему  $T1$ . Например, после пяти импульсов будем иметь 101 или в десятичном коде  $2^2+2^0=5$ .

На рисунке 2 приведены схема и временная диаграмма вычитающего счетчика. Исходное состояние  $Q_1=Q_2=Q_3=1$  устанавливается подачей высокого уровня на  $S$ -входы триггеров. Входы  $T2$  и  $T3$  соединены с инверсными выходами  $\overline{Q_1}$  и  $\overline{Q_2}$  и на

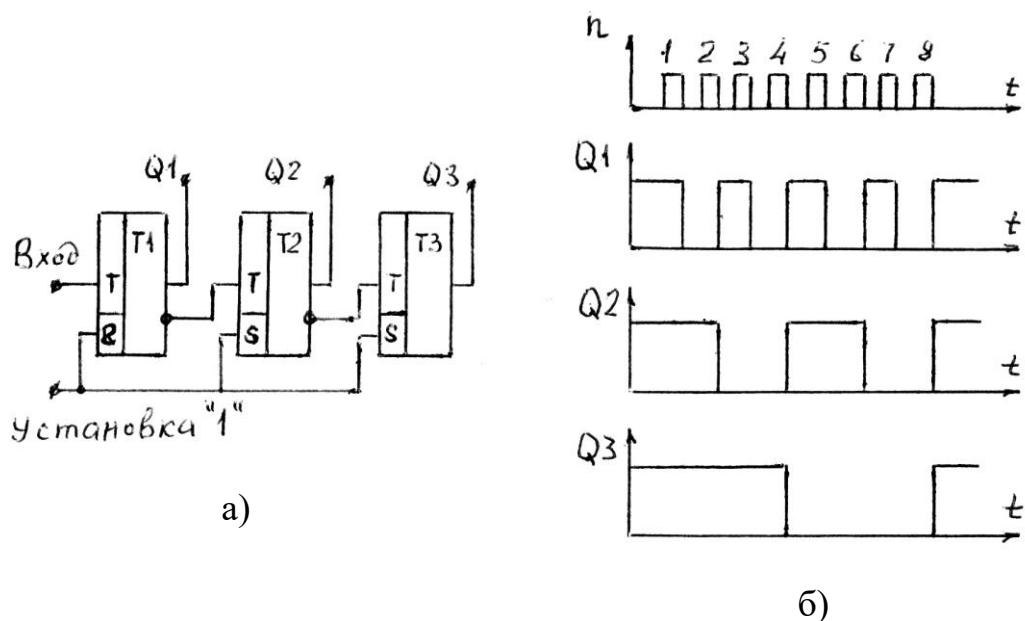


Рисунок 1

них удерживается низкий уровень напряжения. Первый импульс переводит  $T1$  в состояние  $Q_1=0, \overline{Q_1}=1$ . До прихода первого импульса в счетчике было записано число 111, после прихода оно уменьшилось на единицу – 110. Вторым импульс возвращает  $T1$  в состояние  $Q_1=1, \overline{Q_1}=0$ . По спаду уровня на выходе  $\overline{Q_1}$  срабатывает  $T2$  -  $Q_2=0, \overline{Q_2}=1$ . Третий импульс устанавливает  $Q_1=0$  и  $\overline{Q_1}=1$ . На этот перепад сигнала  $T2$  не реагирует и сохраняет предыдущее состояние. После четвертого импульса  $Q_1=1, \overline{Q_1}=0, Q_2=1$  и  $\overline{Q_2}=0$ . По срезу сигнала на  $\overline{Q_2}$   $T3$  перейдет в состояние  $Q_3=0$ . Седьмой импульс вызовет  $Q_1=Q_2=Q_3=0$ , а восьмой – вернет все триггеры в исходное состояние. Этот принцип построения и работы двоичных счетчиков сохраняется при любом числе разрядов.

При модуле счета  $K \neq 2^N$  счетчик должен состоять из  $N$  триггеров, так чтобы  $2^{N-1} < K < 2^N$ . Тогда соответствующий двоичный счетчик будет иметь избыточные устойчивые состояния, которые надо устранить за счет внутренней связи между триггерами. Пусть надо создать счетчик с  $K=5$ . число триггеров должно быть не менее трех. Двоичный счетчик на трех триггерах имеет 8 устойчивых состояний. Таблица

состояний такого счетчика, т.е. значения  $Q_1, Q_2, Q_3$  до и после прихода импульса, приведена ниже (таблица 1).

В исходное состояние  $Q_1=Q_2=Q_3=0$  счетчик возвращается после восьмого импульса, а при модуле счета  $K=5$  должен возвращаться после пятого, т.е. сразу после состояния  $Q_1=Q_2=0, Q_3=1$ . Исключить оставшиеся состояния можно с помощью комбинационной схемы, которая после набора  $Q_1=1, Q_2=0, Q_3=1$  подавала бы сигнал на  $R$ -входы триггеров и возвращала бы их в состояние  $Q_1=Q_2=Q_3=0$ . Такая схема

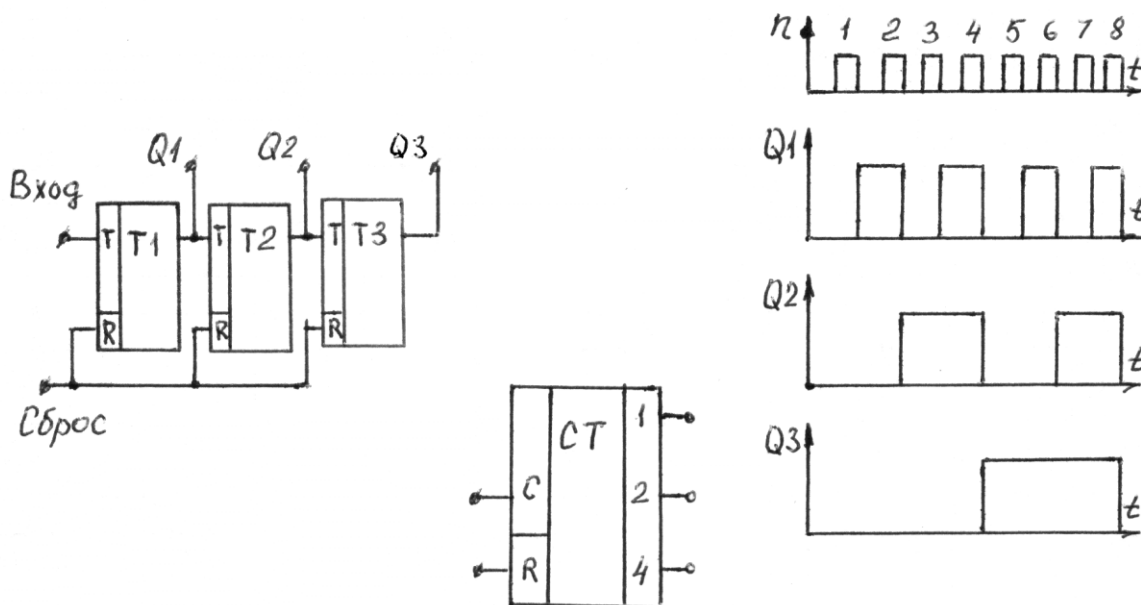


Рисунок 2

Таблица .1

показана на рисунке 3. После пятого импульса на входы элемента И поступают высокие уровни с выходов  $Q_1$  и  $Q_3$ . На его выходе появляется тоже высокий уровень, который подается на  $R$ -входы триггеров и перебрасывает их в исходное состояние. Таким же образом можно построить счетчики на любой другой модуль счета.

| $n$ | До прихода $n$ |       |       | После прихода $n$ |       |       |
|-----|----------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
|     | $Q_1$          | $Q_2$ | $Q_3$ | $Q_1$             | $Q_2$ | $Q_3$ |
| 1   | 0              | 0     | 0     | 1                 | 0     | 0     |
| 2   | 1              | 0     | 0     | 0                 | 1     | 0     |
| 3   | 0              | 1     | 0     | 1                 | 1     | 0     |
| 4   | 1              | 1     | 0     | 0                 | 0     | 1     |
| 5   | 0              | 0     | 1     | 1                 | 0     | 1     |
| 6   | 1              | 0     | 1     | 0                 | 1     | 1     |
| 7   | 0              | 1     | 1     | 1                 | 1     | 1     |
| 8   | 1              | 1     | 1     | 0                 | 0     | 0     |

Для наиболее часто встречающихся модулей, таких как 5, 10, 12 счетчики изготавливаются в виде готовых микросхем. Например, микросхема К155ИЕ2 представляет собой двоично-десятичный счетчик, который имеет вход С, два входа предварительной установки 0 и 9 и четыре выхода (рисунок 4). Микросхема К155ИЕ4 имеет модуль счета 12, а К155ИЕ6 – реверсивный счетчик с предустановкой. Он

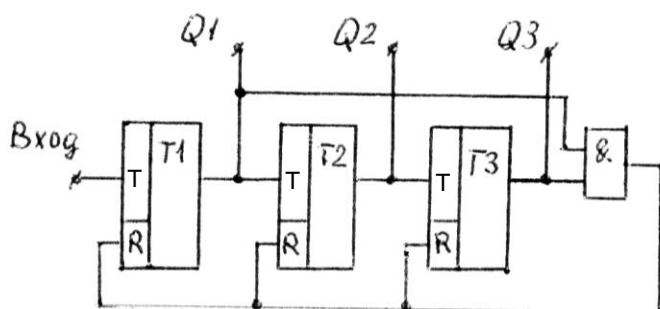


Рисунок 3

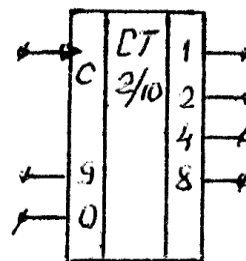


Рисунок 4

имеет один вход для операции сложения, второй – для операции вычитания, четыре входа для предварительно заданного числа от 0 до 9, которое может быть записано в счетчик, и четыре выхода.

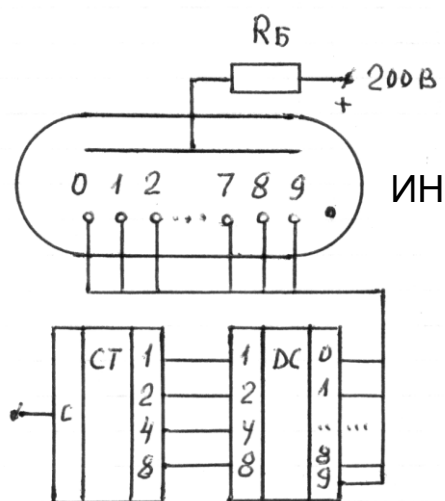


Рисунок 5

На шкалы измерительных приборов и на табло устройств автоматики информация подается в виде десятичных цифр. Преобразование двоично-десятичного кода, в котором работают декадные счетчики, в десятичный осуществляют дешифраторы. На рисунке 5 приведена схема включения счетчика и газоразрядного индикатора ИН. Дешифратор К155ИД1 имеет четыре входа для подачи сигналов с выходов счетчика и десять выходов, соответствующих числам от 0 до 9. В зависимости то комбинации входных сигналов появляется сигнал на одном из выходов. Пусть счетчик отсчитал пять импульсов. В этом состоянии появится высокий уровень на входах 1 и 4 дешифратора и низкий уровень на выходе 5. На

всех остальных выходах остается высокий потенциал.

Газоразрядный индикатор ИН представляет собой прибор тлеющего разряда с анодом и десятью катодами, выполненными в виде цифр от 0 до 9. На анод от отдельного источника питания подается напряжение порядка 200 В. Каждый катод имеет вывод, который соединен с одноименным выводом дешифратора. Как только на выводе дешифратора появляется низкий уровень, напряжение между анодом и соответствующим катодом оказывается достаточным для возникновения разряда между ними и катод светится. Через стеклянный баллон видна, например, цифра 5. Приход следующего импульса на вход счетчика изменит состояние его выходов, изменится и вывод с низким потенциалом дешифратора. Разряд перейдет на другой

катод, и начнет высвечиваться цифра 6. Наряду с газоразрядными в настоящее время широко применяются индикаторы на светодиодах и жидких кристаллах.

### Предварительное задание к эксперименту

Составить схему последовательного суммирующего счетчика на основе *JK*-триггеров К155ТВ1 с модулем счета, заданным в таблице 2. Для сокращения числа свободных состояний использовать комбинационные схемы на логических элементах 2И-НЕ, 2ИЛИ-НЕ.

Заполнить таблицу состояний полученного счетчика.

Таблица 2

|              |   |   |   |    |    |    |    |    |
|--------------|---|---|---|----|----|----|----|----|
| Вариант      | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| Модуль счета | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

### Порядок выполнения эксперимента

1. Собрать схему трехразрядного двоичного суммирующего счетчика на *JK*-триггерах К155ТВ1.

2. Подать с наборного поля сигнал  $R=0, S=1$  и установить счетчик в исходное состояние  $Q_1=Q_2=Q_3=0$ . Для индикации состояния триггеров используются светодиоды. Наличие высокого уровня вызывает их свечение.

3. Подать от генератора импульсов, работающего в ручном режиме, 10 импульсов и начертить временную диаграмму работы счетчика.

4. Собрать схему трехразрядного двоичного вычитающего счетчика. Установить счетчик в исходное положение  $Q_1=Q_2=Q_3=1$  и исследовать его работу. Начертить временную диаграмму.

Собрать схему счетчика, составленную по предварительному заданию. Проверить его работу и начертить временную диаграмму. Сравнить с таблицей состояний предварительного задания.

Включить генератор импульсов на вход счетчика К155ИЕ2 и проверить его работу с дешифратором К155ИД1 и индикатором ИН-17.

### Содержание отчета

Цель работы; схема счетчика с заданным (таблица 2) модулем счета и таблица состояний триггеров, временная диаграмма; схемы двоичных суммирующего и вычитающего счетчиков и временные диаграммы их работы; схема счетчика К155ИЕ2 с дешифратором К155ИД1 и индикатором ИН-17, краткое пояснение работы схемы.

### Контрольные вопросы

1. Классификация счетчиков. 2. Как устроен и как работает двоичный суммирующий счетчик? Поясните на временной диаграмме. 3. Как устроен и как

работает двоичный вычитающий счетчик? 4. Что такое реверсивный счетчик? 5. Как строятся счетчики с  $K \neq 2^N$ ? 6. Для чего применяют дешифратор? 7. Как устроен газоразрядный цифровой индикатор? 8. Какая цифра будет высвечена на индикаторе, если высокие уровни поданы на следующие входы К155ИД1: 1 и 2; 1 и 4; 1 и 8; 2 и 4.