

Лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СЧЕТЧИКОВ 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

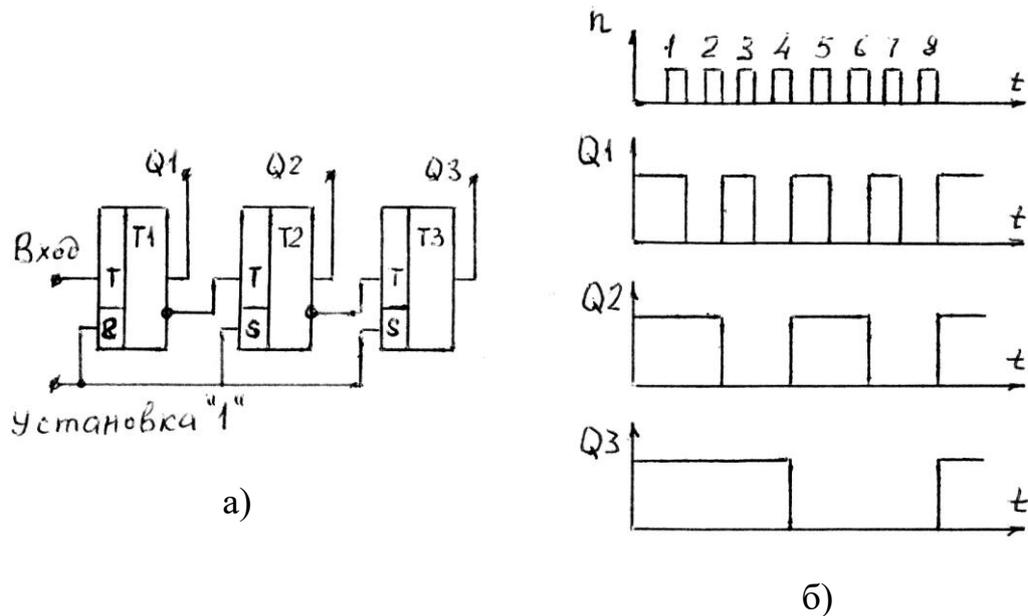


Рисунок 1

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 T_3 к младшему T_1 . 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 T_2 и T_3 соединены с инверсными выходами \overline{Q}_1 и \overline{Q}_2 и на них удерживается низкий уровень напряжения. Первый импульс переводит T_1 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. Второй импульс возвращает T_1 в состояние $Q_1=1$, $\overline{Q}_1=0$. По спаду уровня на выходе \overline{Q}_1 срабатывает T_2 – $Q_2=0$, $\overline{Q}_2=1$. Третий импульс устанавливает $Q_1=0$ и $\overline{Q}_1=1$. На этот перепад сигнала T_2 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 T_3 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).

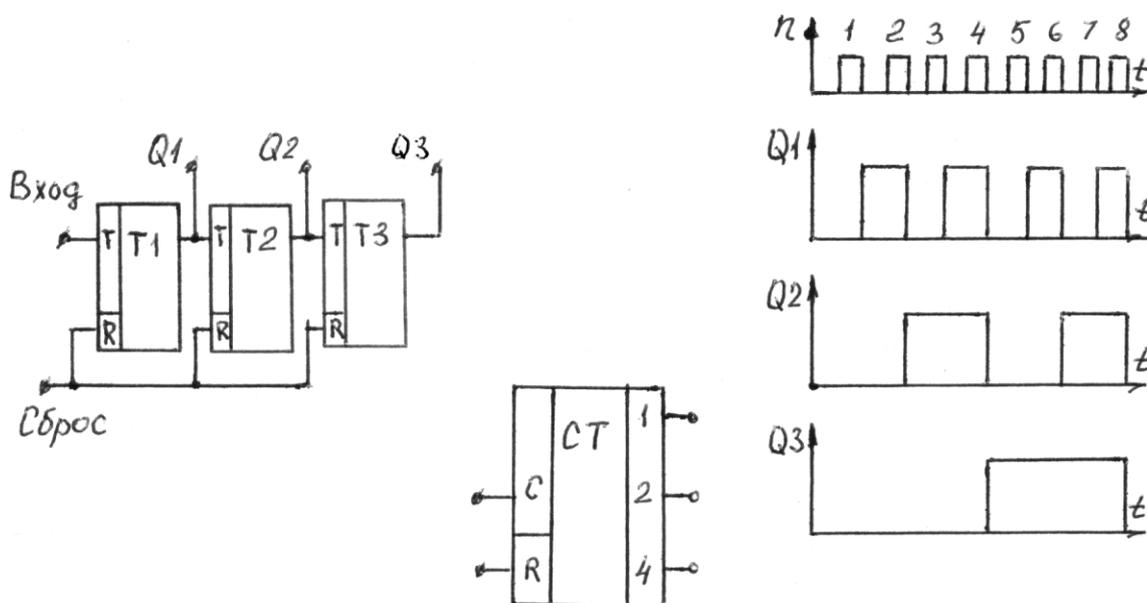


Рисунок 2

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

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

Таблица .1

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

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.

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

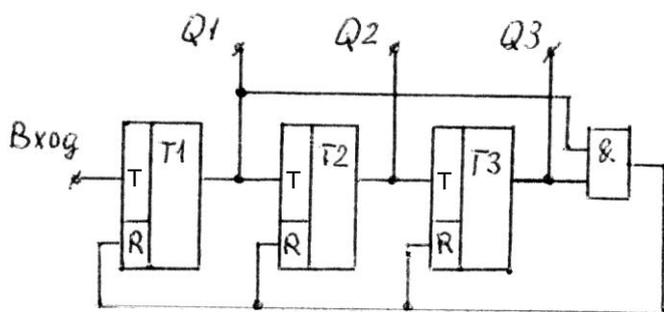


Рисунок 3

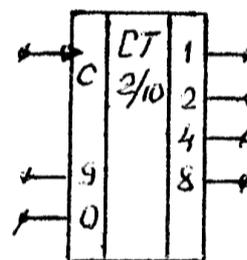


Рисунок 4

предустановкой. Он 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.

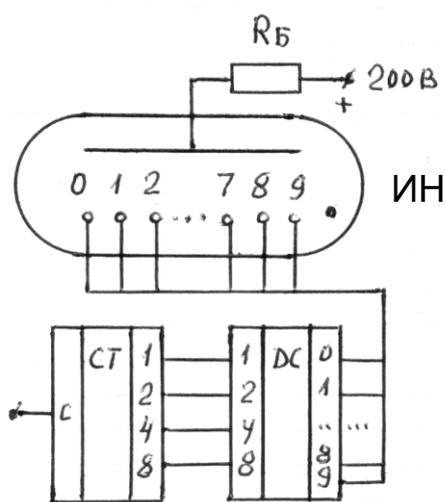


Рисунок 5

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.