**Лабораторная работа № 5**

## ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ и использования счётчиков

Цель работы: изучить принципы работы и способы применения двоичных счётчиков.

### Описание используемых микросхем

В лабораторной работе используются микросхемы двоичных счётчиков с последовательным переносом К155ИЕ5 и с параллельным переносом К155ИЕ7.

Микросхема К155ИЕ5 и её иностранный аналог 7493 (рис. 33) представляют сочетание T-триггера (T) и двоичного счётчика на три разряда (CT2). Микросхемы реализованы на двухступенчатых триггерах и подобны даже по расположению и номерам выводов. На отечественной микросхеме обозначены выводы по примеру иностранной микросхемы, чтобы проще было коммутировать модель счётчика при моделировании. Вход +1T является счётным входом T-триггера с выходом QA, а вход +1CT является счётным входом трёхразрядного счётчика CT2 с выходами QB, QC, QD. Для организации четырехразрядного счётчика необходимо соединить T-триггер и трёхразрядный счётчик цепью переноса, как показано на рисунке 33,а. Тогда вход +1T будет счётным входом четырёхразрядного счётчика. В микросхемах используется последовательный перенос. Конъюнкция единичных уровней на входах R приводит все триггеры в нулевое состояние.

 

а) б)

Рис. 33. Условное обозначение микросхемы К155ИЕ5 (а) и её

иностранного аналога 7493 (б)

В микросхеме 7493 (рис. 33,б) T-триггер имеет вход CKA и выход QA, а счётчик имеет вход CKB с выходами QB, QC, QD. Входы R01 и R02 являются входами сброса в ноль.

Микросхема К155ИЕ7 представляет синхронный четырёхразрядный реверсивный счётчик с возможностью занесения параллельно четырёхразрядного числа (рис. 34,а). Суммирующий вход +1 одновременно со своей основной функцией является входом разрешения вычитания импульсов, поступающих по входу -1. Аналогично (только при подаче на вход -1 уровня логической единицы) счётчик будет подсуммировать импульсы, поступающие на вход +1. По входам данных D[3/0] в счётчик по нулевому уровню синхросигнала С может быть записано двоичное число. Уровнем логической единицы по входу R счётчик может быть сброшен в ноль. Если в режиме суммирования при состоянии счётчика 1111 поступает на суммирующий вход уровень нуля, то нулевой уровень формируется на выходе CR, являющемся выходом сигнала переноса в следующий разряд при сложении. Если в режиме вычитания при состоянии счётчика 0000 поступает на вычитающий вход уровень логического нуля, то нулевой уровень формируется на выходе заёма BR, который является выходом сигнала переноса при вычитании. Микрооперация суммирования или вычитания выполняется по переднему фронту соответствующего входного сигнала.

Микросхема 74191 (рис. 34,б) не является аналогом отечественной микросхемы К155ИЕ7, но может быть использована для выполнения лабораторной работы. По нарастающему фронту синхросигнала «CLK» в зависимости от состояния сигнала «U /D’» счётчик суммирует (при нуле на этом входе) или вычитает (при единице на входе) при наличии нуля на входе разрешения счёта (вход переноса) «CTEN», формируя на выходе «RCO» ноль при переносе, а на выходе «MAX/MIN» формирует признак переполнения. Параллельная загрузка реализуется при нуле на входе «LOAD». При выполнении работы на компьютере адаптируйте требования порядка выполнения к используемой микросхеме, если это необходимо. При необходимости можно использовать файл «counter\_74191.ewb».



Рис. 34. Условное обозначение микросхемы К155ИЕ7 (а) и иностранной

микросхемы реверсивного счётчика 74191 (б)

Если микросхемы счётчиков имеют входы параллельной записи или сброса, то на этих микросхемах легко реализуются счётчики с основанием счёта меньшим величины 2n, где n – число разрядов используемого двоичного счётчика. Рассмотрим вариант использования входа сброса R. Предположим, что на основе четырёхразрядного счётчика требуется построить счётчик по основанию 6. В двоичном виде это число изобразится как 110. Через 6 импульсов, поступающих на счётный вход суммирующего счётчика на его выходах сформируется код 110. Если с помощью логического элемента при этой комбинации сигналов сформировать активный уровень на входе сброса, то асинхронно счётчик из этого состояния перейдёт в исходное, нулевое состояние. Состояние 110 будет наблюдаться в течение короткого интервала времени. Устойчивыми состояниями счётчика в десятичном виде будут 0, 1, 2, 3, 4, 5. Пример реализации схемы такого счётчика и временные диаграммы его поведения показаны на рисунке 35.

 

Рис. 35. Счётчик с модулем счёта равным шести

### Задание для подготовки к выполнению лабораторной работы

Изучить теоретический материал по лекциям и рекомендованной литературе (страницы с 90 по 103 конспекта лекций [Л.А.Брякин. Основы схемотехники цифровых устройств: конспект лекций. – Пенза: Изд. Пенз.гос. ун-та, 2006. – 104 стр.]). Построить временные диаграммы поведения счётчиков с учётом заданий на работу, если их поведение вам понятно, разработайте схему счётчика с произвольным модулем счёта и поясните его работу временными диаграммами.

### Порядок выполнения работы

### Работа со стендом

**1. Исследование счетчиков с последовательным переносом**

1.1 Соберите с учетом возможностей стенда четырехразрядный суммирующий счетчик с возможностью сброса в нулевое состояние. Постройте временные диаграммы, иллюстрирующие работу при поступлении на его счетный вход последовательности из 10 синхроимпульсов. Исходное состояние счетчика определяется номером варианта (см. таблицу 13 из предыдущей лабораторной работы). Исходное состояние счетчика может быть задано путем выполнения операции сброса в нулевое состояние с последующей установкой в единичное состояние требуемых разрядов по асинхронным входам.

1.2 Соберите с учетом возможностей стенда четырехразрядный вычитающий счетчик с возможностью сброса в нулевое состояние. Повторите выполнение предыдущего пункта данной лабораторной работы при противоположном направлении счета, иллюстрируя сделанное временными диаграммами.

**Работа с компьютером**

### 2. Анализ поведения предложенных схем

2.1 Соберите схемы трехразрядных счетчиков, аналогичные предложенным на рисунке 36, подавая на вход синхронизации сигнал с кнопки, а выходы подключив к индикаторам. Усложните каждую схему цепью сброса в нулевое состояние. Сигнал сброса сформируйте с помощью кнопки.

 

Рис. 36. Схемы счётчиков с последовательным переносом

Выполните анализ работы каждой схемы, постройте временные диаграммы их поведения, используя предложенную на рисунке 37 заготовку, и определите выполняемые схемами микрооперации.



Рис. 37. Временные диаграммы

**3. Изучение микросхемы К155ИЕ7.**

3.1. Изучение режимов работы микросхемы.

*Подайте на счётные входы микросхемы К155ИЕ7 (К155ИЕ6, аналог 74192, двоично-десятичный счетчик) (рис. 34,а) сигналы с кнопок, чтобы при ненажатой кнопке на входах присутствовали единичные уровни. Входы сброса R и параллельного занесения C подключите к тумблерам, все выходы подключите к индикаторным элементам. Наберите на входах параллельного занесения информации D[3/0] микросхемы число, предложенное в таблице 15. Это можно сделать с помощью тумблеров или подключением проводами к общему проводу или источнику питания тех входов, на которых согласно требуемого таблицей 15 кода необходимо подать нули или единицы соответственно. Кратковременной подачей на вход синхронизации при параллельном занесении логического нуля запишите это число в счётчик. Затем в режиме суммирования, если номер вашего варианта нечётный, и вычитания, если номер вашего варианта чётный, добейтесь переполнения счётчика. После переполнения и подачи ещё одного импульса на выбранный счётный вход измените направление счёта на противоположное и добейтесь переполнения в данном режиме. Постройте временные диаграммы поведения сигналов C, входных сигналов на счётных входах и выходных сигналов счётчика: Q3, Q2, Q1, Q0, CR, BR. Объясните увиденное. Пример временных диаграмм управляющих сигналов предложен на рисунке 38.*



Рис. 38. Пример временных диаграмм управляющих сигналов

3.2. Проектирование счётчика по заданному модулю счёта.

На базе микросхемы К155ИЕ7 (К155ИЕ6) разработать счётчик с заданным в таблице 15 модулем счёта, используя вход сброса R. Построить временные диаграммы его работы. Соберите модель схемы на основе К155ИЕ6, испытайте её, задав произвольный модуль счета, постройте временные диаграммы работы.

Таблица 15

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| D[3/0] / модуль счета | 6 | 4 | 5 | 3 | 7 | 4 |
| Вариант | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| D[3/0] / модуль счета | 5 | 6 | 3 | 7 | 4 | 6 |

Предложите схему счётчика с тем же модулем счёта, но с использованием входа параллельного приёма информации. Докажите работоспособность схемы моделированием на компьютере.

**4. Изучение микросхемы К155ИЕ5.**

4.1. Знакомство с выполняемыми микросхемой микрооперациями.

Для изучения может использоваться иностранный аналог 7493 отечественной микросхемы, модель которого имеется в используемых программах. Используя файл «gen-slov.ewb». Подключите к входам модели сигналы с моделей тумблеров, выходы подключите к индикаторам логических состояний и перемычкой организуйте четырёхразрядный счётчик с учётом схемы рисунка 33,а. Проверьте функционирование микросхемы и постройте выходные сигналы счётчика при заданных входных сигналах (рис. 37).

4.2. Проектирование счётчика с модулем 6.

Измените схему так, чтобы был реализован счётчик, имеющий только шесть устойчивых состояний. Проверьте его функционирование и определите пригодность временных диаграмм рисунка 35 для описания работы собранной схемы.

**5. Знакомство с микросхемой 74191.**

5.1. Изучение режимов работы микросхемы

Используя файл «counter\_74191.ewb», познакомьтесь с функционированием этой микросхемы и выполните действия, предложенные в пункте 3.1. Постройте временные диаграммы.

5.2.\* Проектирование генератора пилообразных цифровых сигналов.

Добавив к схеме файла «counter\_74191.ewb» асинхронный RS-триггер с логикой на входах, подключив его выход к входу управления режимом работы микросхемы «U/D’» для автоматического изменения направления счёта, разработайте и смоделируйте схему, в которой на выходах счётчика будут наблюдаться изменения состояния от кода N1 до кода N2>N1 в режиме суммирования, а затем в режиме вычитания состояние должно меняться от N2 до N1. Коды могут быть заданы произвольно или по предложению преподавателя.

Комментарий и схему в отчёт.

4.3.\* Анализ поведения цифрового устройства.

Из программы моделирования откройте файл «counter\_analog\_pila\_revers.ewb» и запустите предложенную в файле схему. Выполните анализ работы схемы и объясните её поведение. Измените размах формируемого пилообразного сигнала, приведите осциллограмму работы схемы после изменения параметров пилы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое счётчик?

2. Чем отличается счётчик с последовательным переносом от счётчика с параллельным переносом (по быстродействию и по используемым T-триггерам)?

3. Почему изготавливают микросхемы суммирующих и реверсивных счётчиков, но не изготавливают микросхемы вычитающих счётчиков?

4. Чем схемотехнически отличаются суммирующие и вычитающие счётчики?

5. Предложите схему суммирующего счётчика на два разряда на D- и JK-триггерах.

6. Каков модуль счёта у десятичного счётчика?

7. Как можно менять модуль счёта у счётчика, имеющего вход сброса в ноль?