

**Тема: ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОВИБРАТОРА И МУЛЬТИВИБРАТОРА ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ELECTRONICS WORKBENCH.**

**Цель:** построение схемы и исследование принципа работы одновибратора и мультивибратора.

**Приборы и материалы:** компьютер, программа *Electronics WorkBench*.

**Литература:**

1. Стахів П.Г., Коруд В.І. Основи електроніки з елементами мікроелектроніки: Навчальний посібник. - Львів: Магнолія плюс, 2006, с. 106-112.

**Вопросы для самоподготовки:**

1. Что такое одновибратор?
2. Расскажите об области применения одновибраторов.
3. Сколько устойчивых состояний имеет одновибратор?
4. Чем определяется амплитуда входных импульсов?
5. Чем ограничивается максимальная частота входных импульсов.
6. По какой формуле можно рассчитать длительность импульса, формируемого одновибратором?
7. Что такое электрический импульс?
8. Что понимают под импульсным режимом работы аппаратуры?
9. Какие виды импульсов вам известны?
10. Назовите и поясните параметры периодических импульсов.
11. Как определить скважность импульсов? Как называется величина, обратная скважности?
12. Что такое мультивибратор? Каково его назначение?

**КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:**

Мультивибраторы относятся к генераторам релаксационного типа, у которых форма генерируемых колебаний резко отличается от синусоидальной, а длительность колебаний зависит от реактивных элементов (чаще конденсаторов), входящих в схему.

Мультивибраторы могут работать в одном из трех режимов: автоколебаний, ждущем (заторможенном) и синхронизации (деления частоты).

Принципиальная схема автоколебательного мультивибратора на операционном усилителе представлена на рис. 1, а, временные диаграммы, поясняющие его работу – на рис. 1, б.

Принципиальная схема ждущего мультивибратора (одновибратора) на операционном усилителе представлена на рис. 2, а, временные диаграммы, поясняющие его работу – на рис. 2, б.

*Мультивибратор на ОУ*, одна из схем которого представлена на рис. 3, имеет две цепи обратной связи (ОС). Частотно-независимая положительная ОС реализуется подачей сигнала с выхода ОУ на неинвертирующий вход ОУ, а отрицательная ОС подается через интегрирующую RC-цепь на инвертирующий вход.

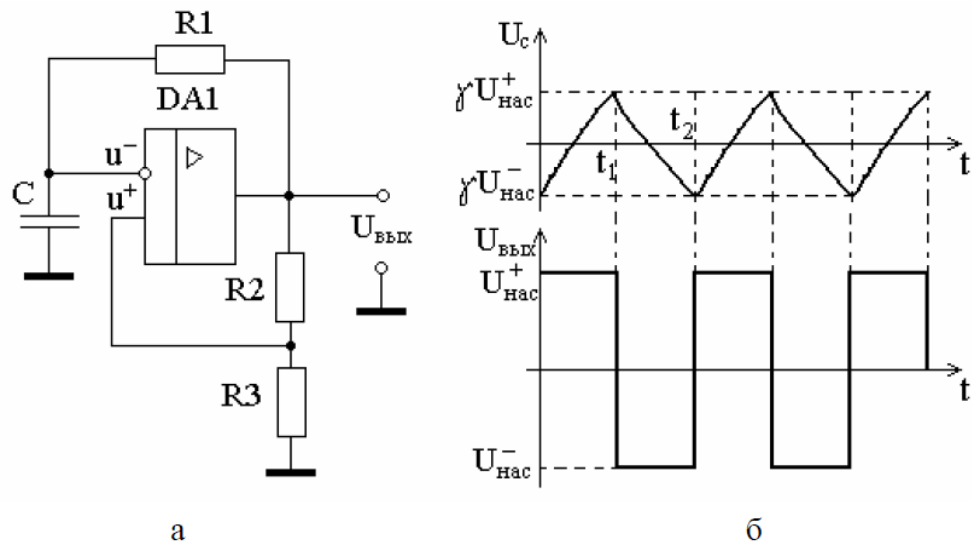


Рис. 1

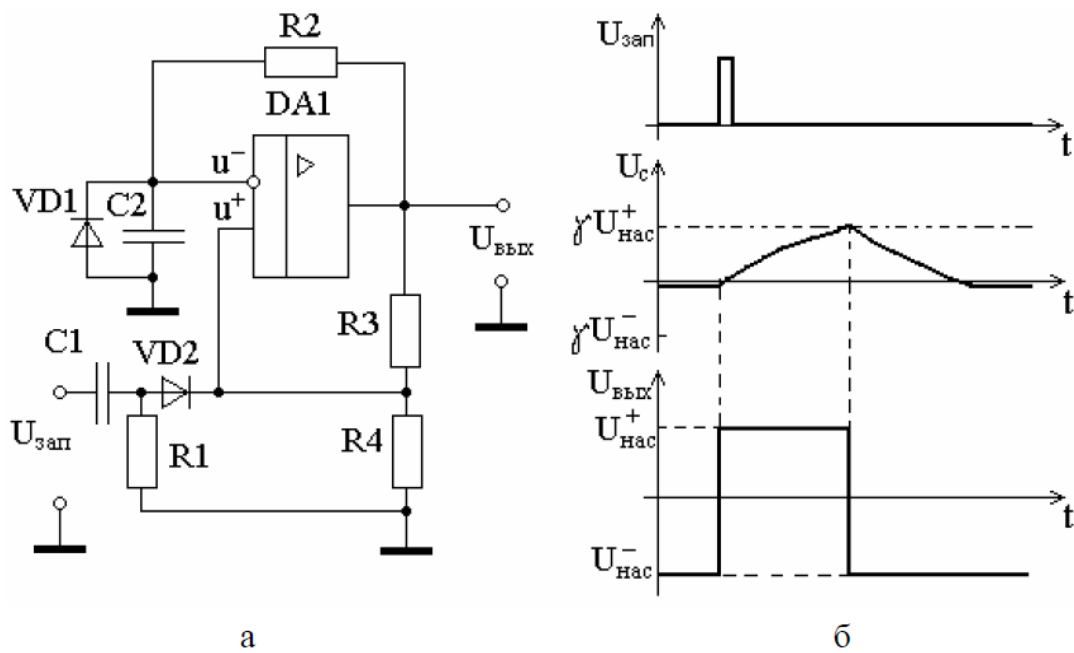


Рис. 2

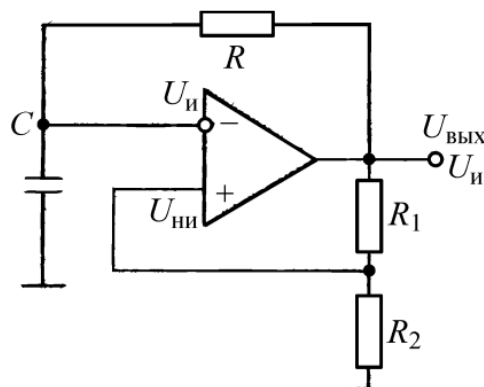


Рис. 3 - Схема мультивибратора на ОУ

Рассмотрим работу мультивибратора на ОУ. В нелинейном режиме напряжение на выходе ОУ может принимать два значения  $U_{\text{вых}}$  и  $U_{\text{вых}}$ , близкие к напряжению питания.

Предположим, что на выходе мультивибратора возник высокий уровень напряжения  $+U_{\text{вых}}$ . Тогда на неинвертирующем входе создается напряжение

$$U_{\text{ни}} = U_{\text{вых}}^+ \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

Оно больше, чем на инвертирующем входе.

Это поддерживает схему во временно устойчивом состоянии, при котором  $U_{\text{вых}} = +U_{\text{вых}}$ . Ток  $I_1$ , протекая через конденсатор  $C$ , заряжает его, и напряжение на инвертирующем входе возрастает.

После того, как это напряжение достигнет величины, равной напряжению на неинвертирующем входе (момент времени, выходное напряжение изменится и станет равным  $-U_{\text{вых}}$ .

Напряжение на неинвертирующем входе соответственно будет равно  $U_{\text{ни}} = U_{\text{вых}}^- \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ , а токи  $I_1$  и  $I_2$  изменят свое направление. Конденсатор  $C$  начнет перезаряжаться током  $I_1$ , и, когда напряжение на нем достигнет значения напряжения на неинвертирующем входе, произойдет переключение мультивибратора в исходное состояние. Далее процесс повторяется.

Одновибратором называют электронное устройство, имеющее одно устойчивое и одно временно устойчивое состояние, причем переход из устойчивого состояния во временно устойчивое осуществляется с помощью входного импульса, а обратный переход происходит самостоятельно.

Таким образом, одновибратор является формирователем импульсов, амплитуда и длительность которых определяются параметрами элементов одновибратора, а частота – частотой входных импульсов, превышающих порог срабатывания одновибратора.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Собрать схему одновибратора на ОУ, изображенную на рис. 4.

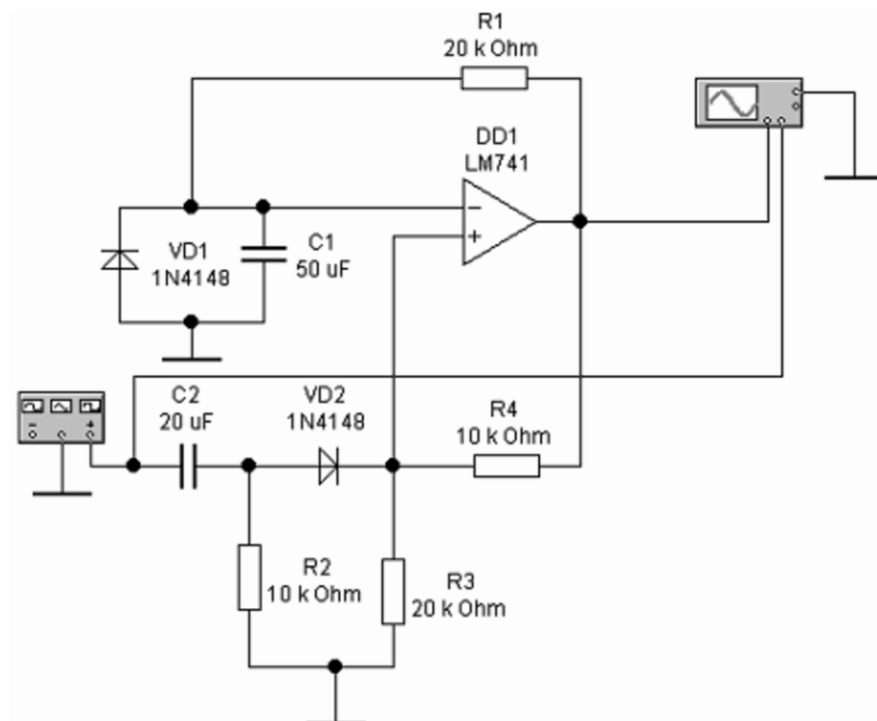


Рис. 4 – Схема для исследования одновибратора на ОУ

2. Установить значения параметров элементов в соответствии со схемой (рекомендуется использовать полученные при расчете).
3. Включить схему.
4. Настроить функциональный генератор (рис. 5).

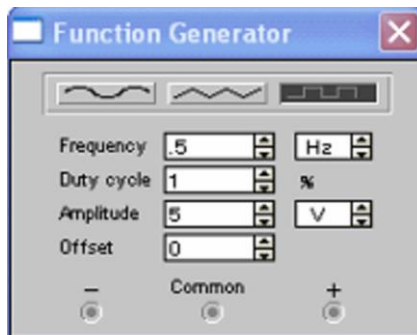


Рис. 5 – Настройка функционального генератора

5. Развернуть и настроить осциллограф, изменяя чувствительность и длительность развертки. На экране можно наблюдать входной и выходной сигнал (рис. 6)

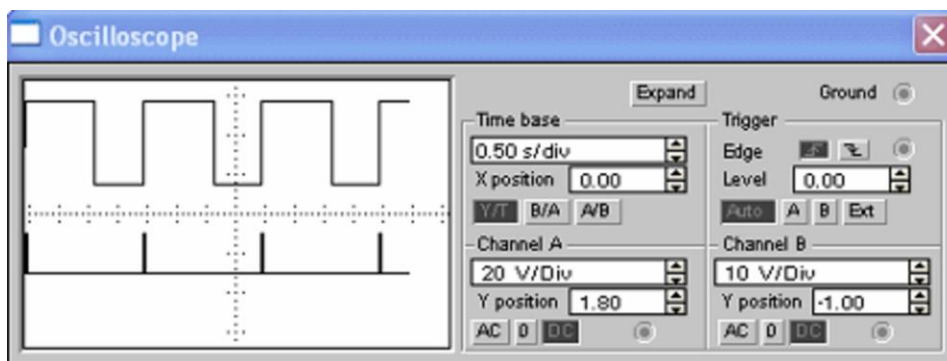


Рис. 6 – Осциллограммы входного и выходного сигнала

6. Используя показания осциллографа рассчитать параметры выходного импульсного сигнала.
7. Изменяя значения сопротивления резистора  $R_1$  и емкости конденсатора  $C_1$ , проследить за изменениями выходного сигнала.
8. Сделать вывод.
9. Собрать схему мультивибратора на ОУ, изображенную на рис. 7.
10. Установить значения параметров элементов в соответствии со схемой (рекомендуется использовать полученные при расчете).
11. Включить схему.

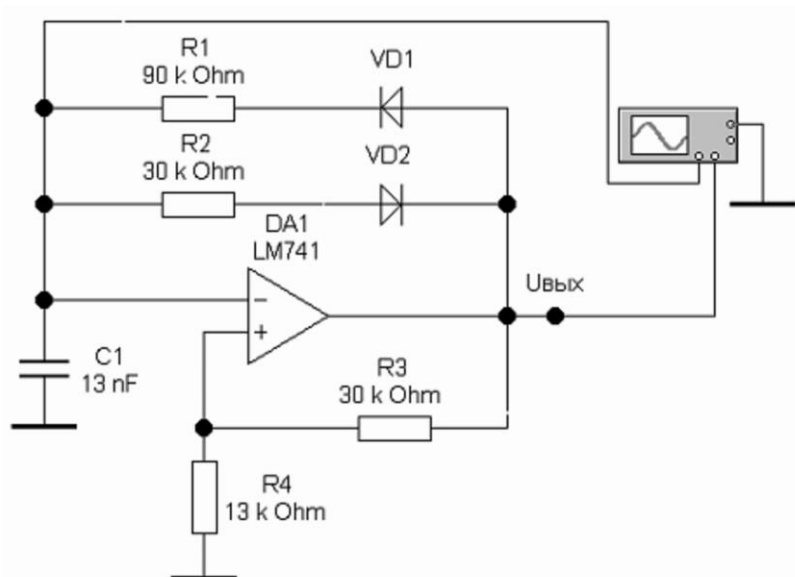


Рис. 7 – Схема для исследования мультивибратора на ОУ

12. Развернуть и настроить осциллограф, изменяя чувствительность и длительность развертки. На экране можно наблюдать изменение напряжения на конденсаторе и выходной сигнал (рис. 8).

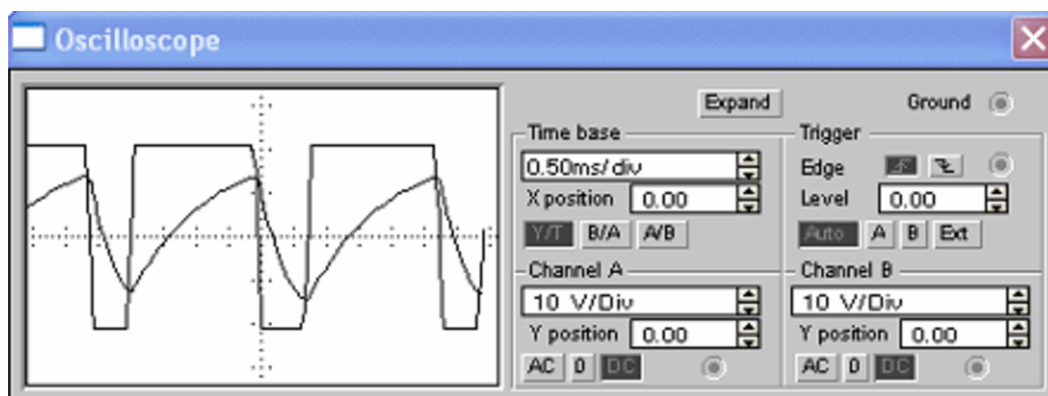


Рис. 8 – Осциллограммы напряжения на конденсаторе и выходного сигнала

13. Используя показания осциллографа рассчитать параметры выходного импульсного сигнала.
14. Изменяя значения сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , а затем емкости конденсатора  $C_1$ , проследить за изменениями выходного сигнала.
15. Сделать вывод.

### Содержание отчета:

1. Заголовок: название работы, № группы, ФИО.
2. Цель работы, приборы и материалы.
3. Названия заданий к экспериментальным исследованиям.
4. Схемы исследуемых цепей.
5. Таблицы с результатами экспериментальных исследований.
6. Осциллограммы выходного напряжения с учетом масштаба.
7. Выводы.

**Тема: ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ "И" И "ИЛИ" ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ELECTRONICS WORKBENCH.**

**Цель:** построение принципа действия логических схем И и ИЛИ на диодах и экспериментальное подтверждение их таблиц истинности.

**Приборы и материалы:** компьютер, программа Electronics WorkBench.

**Литература:**

1. Стахів П.Г., Коруд В.І. Основи електроніки з елементами мікроелектроніки: Навчальний посібник. - Львів: Магнолія плюс, 2006, с. 116-118.

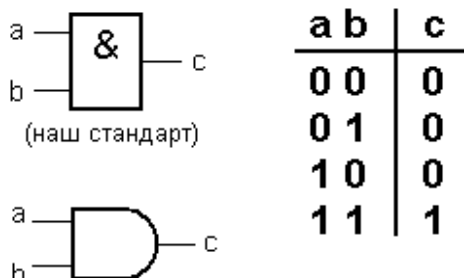
**Вопросы для самоподготовки:**

1. Что такое и для чего служат логические сообщения?
2. Для чего предназначены логические операции?
3. Что такое инверсия? Как записывается эта операция? Нарисуйте условное графическое обозначение соответствующего логического элемента. Нарисуйте схему логического элемента на транзисторах.
4. Что такое дизъюнкция? Как записывается эта операция? Нарисуйте условное графическое обозначение соответствующего логического элемента. Нарисуйте схему логического элемента на транзисторах.
5. Что такое конъюнкция? Как записывается эта операция? Нарисуйте условное графическое обозначение соответствующего логического элемента. Нарисуйте схему логического элемента на транзисторах.
6. Нарисуйте условное графическое обозначение и таблицу истинности логического элемента И-НЕ.
7. Нарисуйте условное графическое обозначение и таблицу истинности логического элемента ИЛИ-НЕ.
8. Что такое ТТЛ-логика? Нарисуйте схему логического элемента И-НЕ ТТЛ-логики. Поясните принцип работы схемы.
9. Что такое МДП-логика? Нарисуйте схему логического элемента ИЛИ-НЕ МДП-логики. Поясните принцип работы схемы.
10. Назовите основные параметры логических интегральных микросхем.

**КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:**

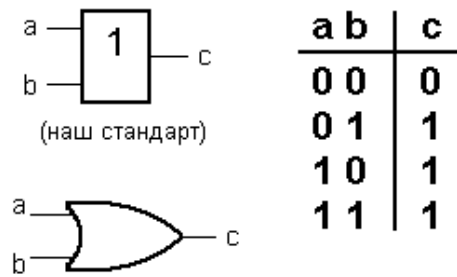
**Логический элемент** – это такая схема, у которой несколько входов и один выход. Каждому состоянию сигналов на входах, соответствует определенный сигнал на выходе.

Элемент «И» (AND). Иначе его называют «конъюнктор».



Смотрим таблицу истинности: единица на выходе элемента «И» возникает только тогда, когда на оба входа поданы единицы. Это объясняет название элемента: единицы должны быть И на одном, И на другом входе.

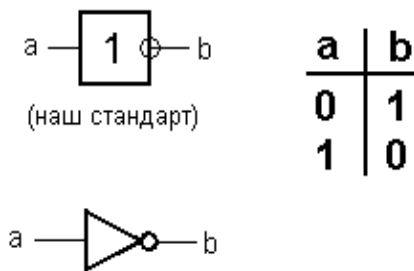
Элемент «ИЛИ» (OR). По другому - «дизьюнктор».



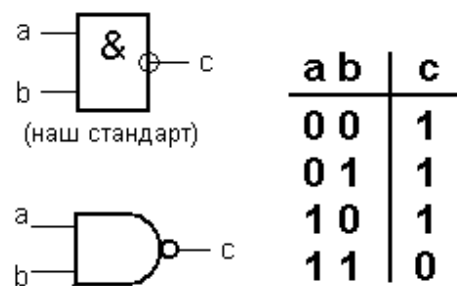
На выходе возникает единица, когда на один ИЛИ на другой ИЛИ на оба сразу входа подана единица.

Этот элемент можно назвать также элементом «И» для негативной логики: ноль на его выходе бывает только в том случае, если и на один и на второй вход поданы нули.

Элемент «НЕ» (NOT). Чаще, его называют «инвертор».

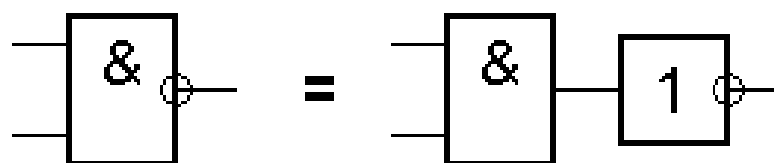


Элемент «И-НЕ» (NAND).

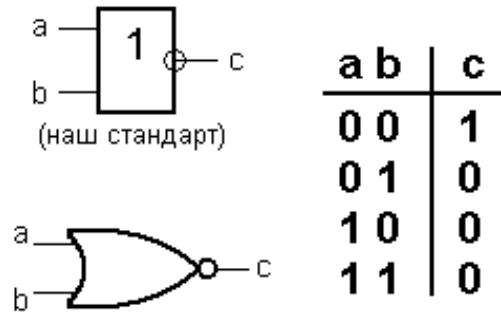


Элемент И-НЕ работает точно так же как «И», только выходной сигнал полностью противоположен.

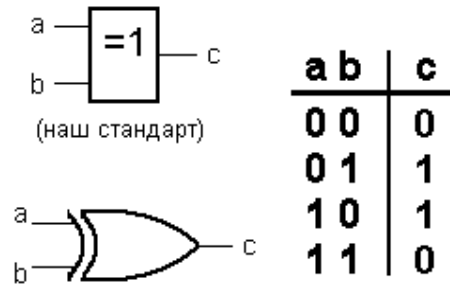
Там где у элемента «И» на выходе должен быть «0», у элемента «И-НЕ» - единица. И наоборот. Э то легко понять по эквивалентной схеме элемента:



## Элемент «ИЛИ-НЕ» (NOR).



## Элемент «Исключающее ИЛИ» (XOR).



### Этапы конструирования логического устройства

Конструирование логического устройства состоит из следующих этапов:

1. Построение таблицы истинности по заданным условиям работы проектируемого узла (т.е. по соответствию его входных и выходных сигналов).
2. Конструирование логической функции данного узла по таблице истинности, ее преобразование (упрощение), если это возможно и необходимо.
3. Составление функциональной схемы проектируемого узла по формуле логической функции.
4. После этого остается только реализовать полученную схему.

**Пример.** По заданной таблице истинности записать логическую функцию, упростить ее и построить логическую схему.

x	y	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$\bar{x} \wedge \bar{y}$$

$$\bar{x} \wedge y$$

$$x \wedge \bar{y}$$

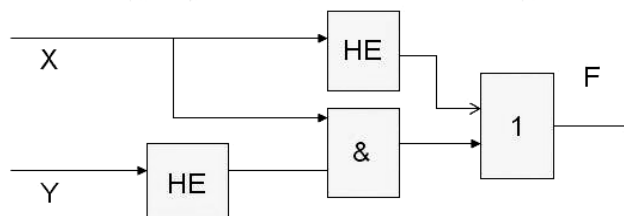
1. Запишем **конъюнкцию** для каждой строки, где значение функции = 1. Переменные, значения которых равны 0, запишем с отрицанием.

2. Объединив полученные конъюнкции дизъюнкцией, получим следующую логическую функцию.

$$F = (\bar{X} \wedge \bar{Y}) \vee (\bar{X} \wedge Y) \vee (X \wedge \bar{Y})$$

3. Упростим:  $F = (\bar{X} \wedge \bar{Y}) \vee (\bar{X} \wedge Y) \vee (X \wedge \bar{Y}) = \bar{X} \vee (X \wedge \bar{Y})$

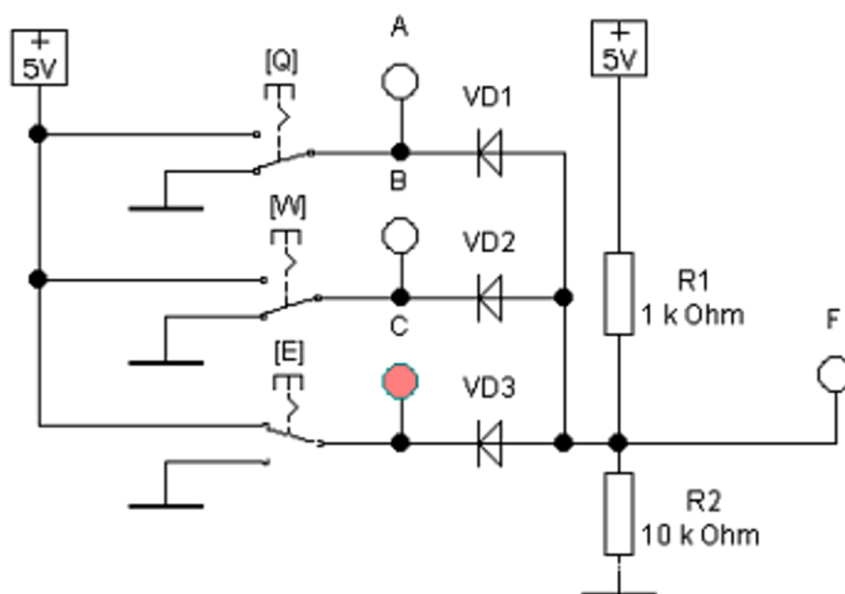
4. По полученной функции построим логическую схему:





## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Собрать схему логического элемента И, изображенную на рис. 3.



*Рис. 3 – Схема для исследования логического элемента И*

2. Установить значения параметров элементов в соответствии со схемой.
3. Включить схему.
4. С помощью ключей (управляются клавишами [Q], [W], [E]) подать на вход схемы различные комбинации переменных А, В и С. Значения функции F занести в таблицу 1.
5. Согласно таблице 1 построить логическую схему устройства.
6. Собрать схему логического элемента ИЛИ, изображенную на рис. 4.

*Таблица 1 – Таблица истинности логического элемента И*

A	B	C	F
0	0	0	
1	0	0	
0	1	0	
0	0	1	
1	1	0	
1	0	1	
0	1	1	
1	1	1	

7. Установить значения параметров элементов в соответствии со схемой.
8. Включить схему.
9. С помощью ключей (управляются клавишами [Q], [W], [E]) подать на вход схемы различные комбинации переменных А, В и С. Значения функции F занести в таблицу 2.
10. Согласно таблице 2 построить логическую схему устройства.
11. Сделать вывод.

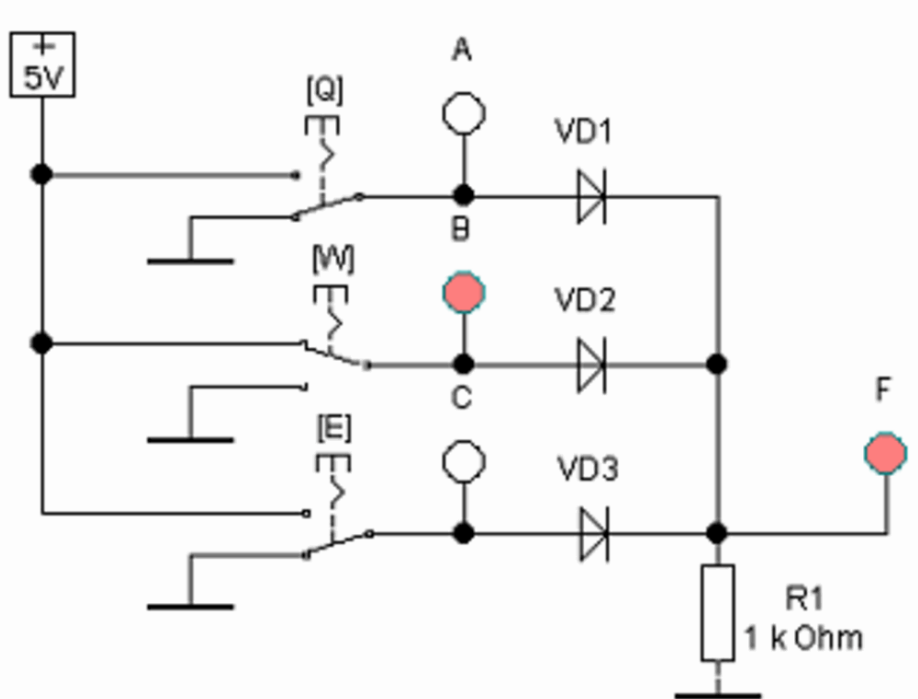


Рис. 4 – Схема для исследования логического элемента ИЛИ

Таблица 2 – Таблица истинности логического элемента ИЛИ

A	B	C	F
0	0	0	
1	0	0	
0	1	0	
0	0	1	
1	1	0	
1	0	1	
0	1	1	
1	1	1	

### Содержание отчета:

1. Заголовок: название работы, № группы, ФИО.
2. Цель работа, приборы и материалы.
3. Названия заданий к экспериментальным исследованиям.
4. Схемы исследуемых цепей.
5. Таблицы с результатами экспериментальных исследований.
6. Осциллограммы выходного напряжения с учетом масштаба.
7. Выводы.

**Тема: ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИГГЕРОВ НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ELECTRONICS WORKBENCH.**

**Цель:** построение схемы и изучение принципа работы RS-триггера, построение схем и изучение принципа работы последовательного и параллельного регистров на D-триггерах.

**Приборы и материалы:** компьютер, программа Electronics WorkBench.

**Литература:**

1. Криштафович А.К. Промышленная электроника: Учебник для учащихся техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. с.304-308.

**Вопросы для самоподготовки:**

1. Что такое триггер?
2. Какие типы триггеров вам известны?
3. Нарисуйте схему RS-триггера на транзисторах, поясните принцип ее работы.
4. Нарисуйте таблицу состояний асинхронного RS-триггера.
5. Нарисуйте схему синхронного RS-триггера на логических элементах. Поясните принцип его работы.
6. Нарисуйте схему D-триггера на логических элементах.
7. Расскажите о JK-триггерах и T-триггерах.
8. Нарисуйте схему преобразования JK-триггера в T-триггер.
9. Расскажите об области применения триггеров.
10. Что такое регистры? Каково их назначение?
11. Расскажите об устройстве регистров.
12. Как подразделяются регистры по способу ввода и вывода информации.
13. Как подразделяются регистры по характеру представления информации.
14. Какие триггеры используются для построения регистров.
15. Какие функции может выполнять последовательный регистр?

**КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:**

**Триггеры** имеют два устойчивых состояния. Эти состояния определяются по логическим уровням на выходах триггера. Триггер снабжается двумя выходами: прямым  $Q$  и инверсным  $\bar{Q}$ . Состояние триггера определяет логический уровень на выходе  $Q$ . Триггеры могут иметь входы различного типа:

R (от англ. RESET) – отдельный вход установки в состояние 0;

S (от англ. SET) – отдельный вход установки в состояние 1;

K – вход установки универсального триггера в состояние 0;

J – вход установки универсального триггера в состояние 1;

V – вход разрешения;

C – синхронизирующий вход;

D – информационный вход;

T – счетный вход

и др.

Обычно название триггера дают по имеющимся у него входам: RS-триггер, JK-триггер, D-триггер и др.

По способу записи информации триггеры подразделяются на асинхронные и синхронные. В асинхронных триггерах состояние на выходе изменяется сразу же после изменения сигнала на информационных входах. В синхронных триггерах для передачи сигнала с информационных входов на выходы требуется специальный синхронизирующий импульс. Синхронные триггеры подразделяются на триггеры со статическим управлением и триггеры с динамическим управлением. В триггерах с динамическим управлением передача сигнала с информационных входов на выходы осуществляется по фронту или по спаду синхронизирующего импульса.

Триггеры относятся к цифровым автоматам. В отличие от комбинационных схем состояние на выходе триггера в данный момент времени определяется не только состояниями на входах триггера в этот же момент времени, но и предыдущим состоянием триггера. Цифровые автоматы, к которым относятся триггеры, иногда называют последовательными схемами.

Регистры можно разделить на два класса – сдвигающие и хранения информации. Регистры хранения бывают «прозрачные», тактируемые импульсом, и синхронные, тактируемые фронтом импульса.

1. Элементами структуры регистров являются синхронные триггеры D, RS или JK с динамическим или статическим управлением. Так как одиночный триггер может запомнить один разряд (бит) двоичной информации, то его можно считать одноразрядным регистром. Для запоминания многоразрядных чисел используют «линейки» из нескольких триггеров – по количеству разрядов чисел.

2. В схемы регистров входят также комбинационные элементы, которые выполняют вспомогательные функции.

3. Занесение информации в регистр называют операцией ввода. Запись информации в регистр не требует его предварительного обнуления (сброса).

4. Все регистры в зависимости от функциональных свойств подразделяются на две категории: накопительные регистры (памяти, хранения) и сдвиговые. В свою очередь сдвиговые регистры делятся: по способу ввода и вывода информации – на параллельные, последовательные и комбинированные (параллельно-последовательные и последовательно-параллельные); по направлению передачи (сдвига) информации – на однонаправленные и реверсивные. Сдвигающий регистр в отличие от регистра памяти должен обязательно состоять из непрозрачных триггеров, в противном случае при первом же сигнале сдвига бит, поступивший на вход первого триггера регистра сдвига, сразу же пройдет на выход этого триггера и, соответственно, на вход второго триггера, а значит, и на выход второго триггера и т. д. до последнего триггера регистра сдвига.

5. В некоторых сдвиговых регистрах сдвиг происходит не только в одну сторону, а и влево и вправо – это реверсивные регистры.

6. Простейший вид регистров – регистры памяти. Их назначение – хранить двоичную информацию небольшого объема в течение короткого промежутка времени. Эти регистры представляют собой набор синхронных триггеров, каждый из которых хранит один разряд двоичного числа. Ввод (запись, загрузка) и вывод (считывание) информации производится одновременно во всех разрядах параллельным кодом. Запись обеспечивается тактовым импульсом. С приходом очередного тактового импульса происходит обновление записанной информации. Сигналы на выходах триггеров характеризуют выходную информацию. Считывание может производиться в прямом или в обратном коде (с инверсных выходов). Регистры памяти (хранения) представляют

собой, по существу, наборы триггеров с независимыми информационными входами и (обычно) общим тактовым входом.

7. На базе нескольких регистров строится регистровая память, в которой разрядность регистров определяет длину слова, а их количество – размер памяти, например 4 x 4 (четыре регистра 4-разрядных слов).

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Собрать схему, изображенную на рис. 1.
2. С помощью ключей (управляются клавишами [W] и [Q]) подать на вход схемы комбинации значений R и S. Значения выходов занести в таблицу 1.

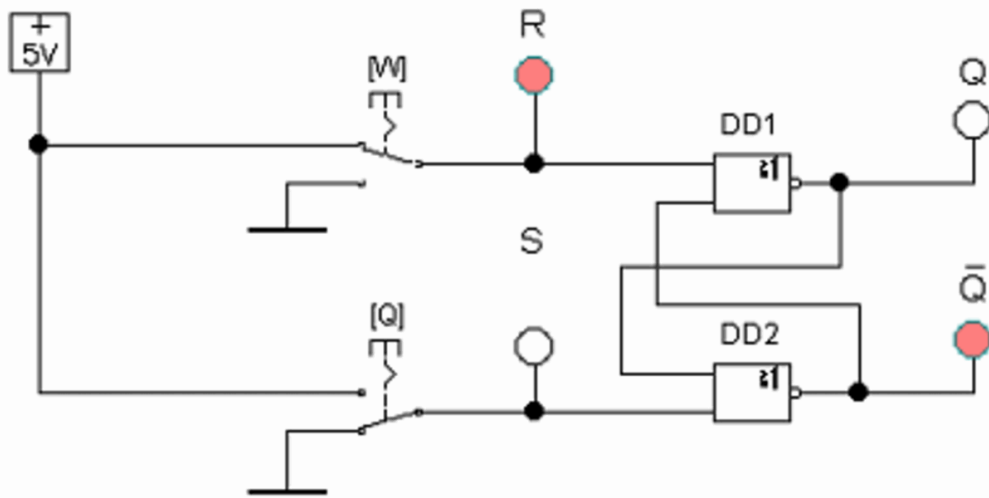


Рис. 1 – Схема для исследования асинхронного RS-триггера

Таблица 1 – Таблица истинности синхронного RS-триггера

R	S	Q	не Q
0	0		
1	0		
0	1		
1	1	запрещено	

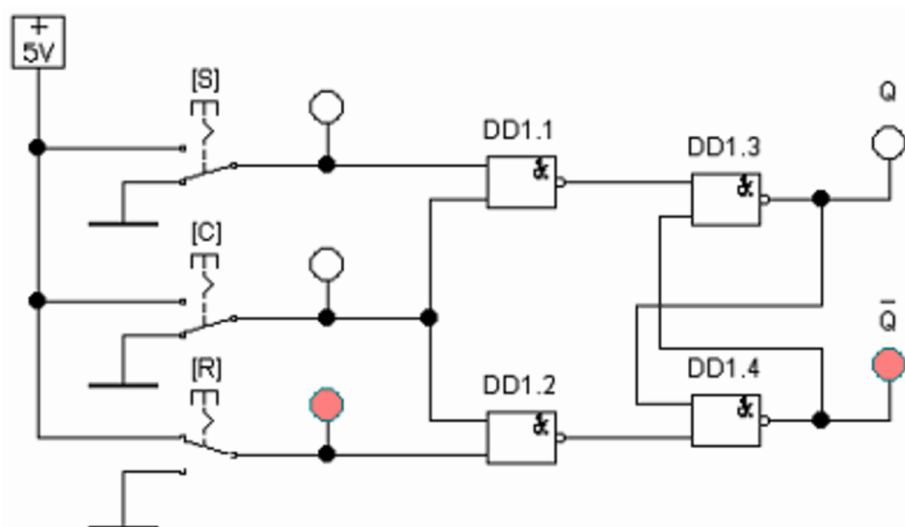
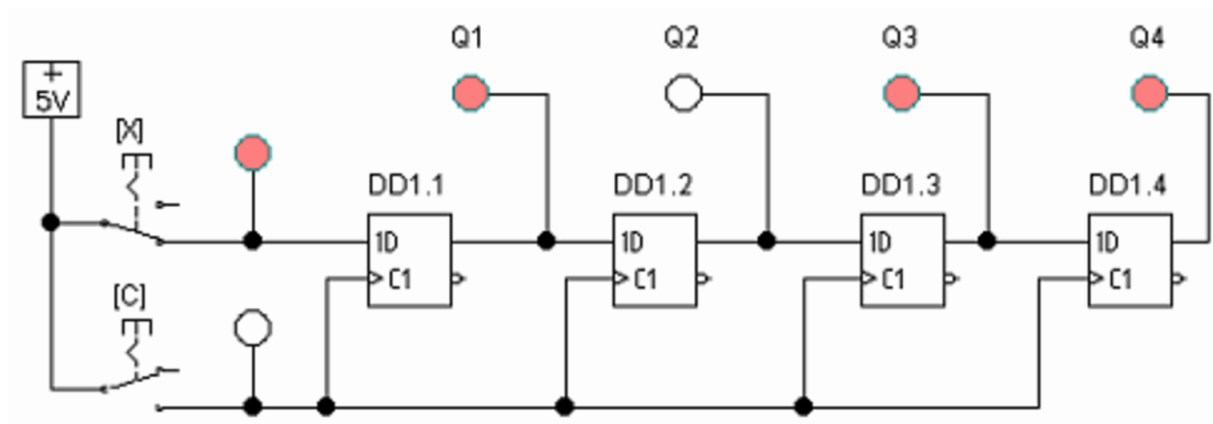


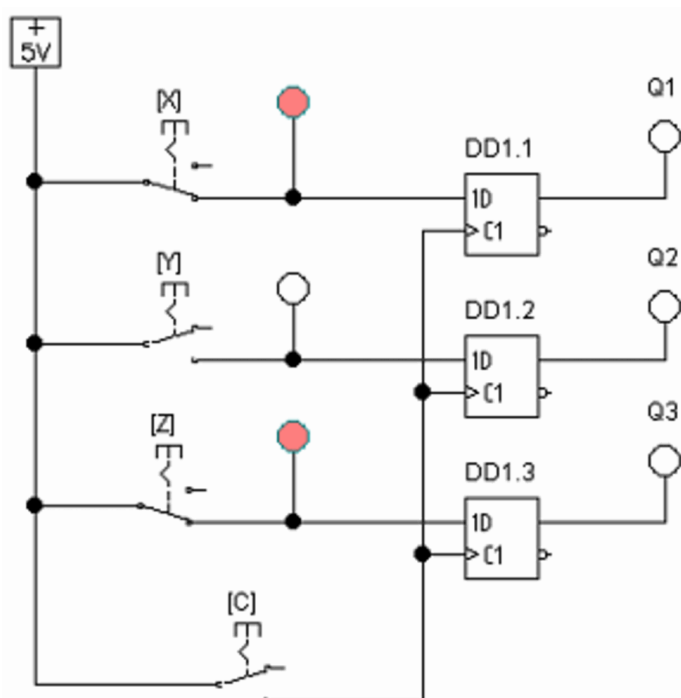
Рис. 2 – Схема для исследования синхронного RS-триггера

3. Собрать схему, изображенную на рис. 2.
4. Проанализировать работу триггера в зависимости от наличия логической единицы на тактовом входе С.
5. Сделать вывод.
6. Собрать схему последовательного регистра на D-триггерах, изображенную на рис. 3.



*Рис. 3 – Схема для исследования последовательного регистра*

7. Включить схему.
8. При подаче на вход X логических единиц и нулей кратковременно нажимать клавишу [C] для имитации тактового импульса. Наблюдать, как происходит запись данных в последовательный регистр.
9. Сделать вывод.
10. Собрать схему параллельного регистра (рис. 4).



*Рис. 4 – Схема для исследования параллельного регистра*

11. Подать на входы X, Y и Z трехзначное двоичное число.
12. Кратковременным нажатием клавиши [C] имитировать тактовый импульс.
13. Наблюдать запись числа в параллельный регистр.
14. Сделать вывод.

## Содержание отчета:

1. Заголовок: название работы, № группы, ФИО.
2. Цель работа, приборы и материалы.
3. Названия заданий к экспериментальным исследованиям.
4. Схемы исследуемых цепей.
5. Таблицы с результатами экспериментальных исследований.
6. Осциллограммы выходного напряжения с учетом масштаба.
7. Выводы.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Криштафович А.К. Промышленная электроника: Учебник для учащихся техникумов. – М.: Высшая школа, 1984.
2. Стахів П.Г., Коруд В.І. Основи електроніки з елементами мікроелектроніки: Навчальний посібник. - Львів: Магнолія плюс, 2006.
3. Руденко В.С., Сенько В.И., Трифонюк В.В. Приборы и устройства промышленной электроники. - К.: Техника, 1990.
4. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1982.
5. Полещук В.И. Задачник по электронике: практикум для студ. сред. проф. образования. - М: Академия, 2008.
6. Новиков П.Н., Кауфман В.Я. Задачник по электротехнике с основами промышленной электроники. - М.: Высшая школа, 1975.
7. Скаржепа В.А., Новацький А.А., Сенько В.И. Электроника и микросхемотехника: Лабораторный практикум. - К.: Выща школа, 1989.