

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-
ГО**
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИ-
ВЕРСИТЕТ» В Г. ВОЛГОДОНСКЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**
(Институт технологий (филиал) ДГТУ в г. Волгодонске)

Микроэлектроника

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ
НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ
09.03.02 Информационные системы и технологии

г. Волгодонск
2021

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине:

«Микроэлектроника»

1. ИЗМЕРЕНИЕ ОМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ.

Цель работы:

1. Ознакомление с некоторыми методами (способами) измерения активного сопротивления и приборами, служащими для этой цели.
2. Приобретение практических навыков измерения сопротивлений.
3. Проверка правил последовательного и параллельного соединения сопротивлений.

1. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

1.1. Сопротивление проводника

На основании многочисленных опытов Георг Ом в 1827 г. установил, что при постоянной температуре отношение напряжения на концах проводника к току в нем является постоянной величиной:

$$\frac{U}{J} = R, \quad (1.1)$$

где U - напряжение на концах проводника, J - сила электрического тока в проводнике.

Величину R , характеризующую данный проводник, Ом назвал сопротивлением проводника. Величина сопротивления проводника зависит от его размеров, формы, природы вещества и температуры.

Сопротивление в системе СИ измеряется в омах (Ом). 1 Ом есть сопротивление проводника, в котором при напряжении в 1 вольт протекает ток 1 ампер.

Сопротивлением обладают любые проводники электрического тока, образующие цепь. Они характеризуются величиной своего так называемого омического сопротивления, независимо от того, протекает в цепи постоянный или переменный ток.

Имеют сопротивление также всякого рода конденсаторы и индуктивности (катушки, петли, витки проводников).

В цепи постоянного тока любой конденсатор представляет собой разрыв цепи. Когда же в ней протекает переменный ток, конденсатор представляет собой некоторое сопротивление, называемое емкостным. Если емкость конденсатора C , круговая частота ω , то емкостное сопротивление вычисляется следующим образом:

$$R_C = \frac{1}{\omega C} \quad (1.2)$$

величина R_C измеряется в омах.

Различного рода индуктивности в цепях постоянного тока ничем не отличаются от прямолинейных проводников. В цепи же переменного тока индуктивность создает так называемое индуктивное сопротивление R_L :

$$R_L = \omega L, \quad (1.3)$$

где ω - круговая частота колебаний в цепи переменного тока, L - индуктивность (величина индуктивности). Величина R_L также измеряется в омах.

Омическое сопротивление называется активным сопротивлением. В отличие от него, емкостное и индуктивное сопротивления называются реактивными. Это связано с тем, что на участках цепи с реактивными сопротивлениями не выделяется мощность, в то время как на активных сопротивлениях мощность выделяется в виде джоулева тепла.

Измерение сопротивлений всех видов - одно из самых частых измерений в практике.

В настоящей работе предполагается измерение только активных сопротивлений проводников.

1.2. Последовательное и параллельное соединение проводников

Пусть два проводника с сопротивлениями R_1 и R_2 соединены последовательно и включены в цепь с источником питания (рис.1.1) величины тока в обоих проводниках одинаковы.

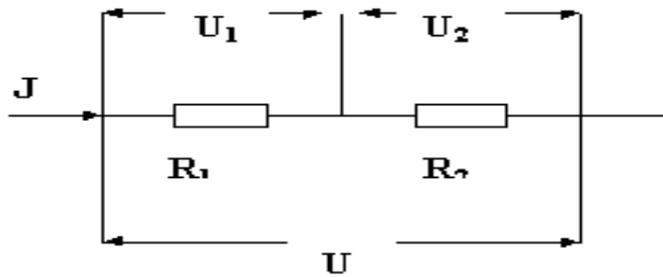


Рис.1.1. Последовательное соединение проводников

Однако напряжения на концах каждого из проводников будут различны. На основании закона Ома $U_1 = JR_1$ и $U_2 = JR_2$, поэтому

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (1.4)$$

таким образом, при последовательном соединении падение напряжения на каждом из проводников пропорционально его сопротивлению. Этот вывод справедлив и для произведения числа проводников, соединенных последовательно.

Для рис.1.1

$$U = J(R_1 + R_2) \quad (1.5)$$

а для N проводников

$$U = J(R_1 + R_2 + \dots + R_N) \quad (1.6)$$

отсюда следует, что при последовательном соединении проводников их сопротивления складываются:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_N \quad (1.7)$$

Рассмотрим теперь параллельное соединение проводников (рис.1.2).

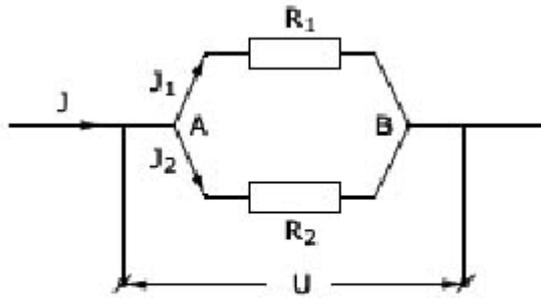


Рис. 1.2. Параллельное
соединение проводников

Признаком такого соединения является разветвление тока. Электрический ток J , входя в группу проводников R_1 и R_2 , разветвляется на два тока J_1 и J_2 . Из закона сохранения зарядов следует, что ток J равен сумме токов J_1 и J_2 :

$$J = J_1 + J_2 \quad (1.8)$$

напряжение на проводниках одинаково, поэтому

$$U = J \cdot R_1 = J \cdot R_2 \quad (1.9)$$

отсюда следует, что

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad (1.10)$$

При параллельном соединении проводников токи в отдельных проводниках обратно пропорциональны их сопротивлениям.

Для участка цепи АВ, используя (1.8), можно записать:

$$J = J_1 + J_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (1.11)$$

или

$$J = \frac{U}{R} \quad (1.12)$$

где R - общее сопротивление разветвления.

Таким образом,

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} \quad (1.13)$$

Если параллельно соединены N проводников, то аналогично

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad (1.14)$$

т.е. обратное сопротивление разветвления равно сумме обратных сопротивлений параллельно соединенных проводников.

2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В настоящей работе измеряется сопротивление наиболее широко распространенных компонентов электротехнических и электронных схем-резисторов, часто называемых просто сопротивлениями.

Оборудование:

- регулируемый блок питания Б5-7 с выходным напряжением 0 - 30 В;
- вольтметр;
- амперметр (миллиамперметр);
- комбинированный прибор (тестер) типа Ц4313 или любой другой;
- цифровой комбинированный прибор;
- мост постоянного тока;
- стенд с измеряемыми резисторами;

Необходимое оборудование выбирается в соответствии с выполняемым заданием.

2.1. Измерение активного сопротивления комбинированным прибором типа Ц4313

Для грубой оценки значения сопротивления проводников служит портативный прибор - ампервольтметр, иначе называемый еще тестером. Тестер представляет собой микроамперметр, который с помощью различных добавочных сопротивлений может быть использован для измерений напряжений и токов в цепях постоянного и переменного тока, а также в качестве омметра. В настоящей работе он используется именно как омметр, т.е. как прибор для измерения сопротивлений.

Омметр - прибор для измерения силы тока (микроамперметр), с которым последовательно (в некоторых случаях и параллельно) соединяется измеряемое

сопротивление R_x и источник постоянного тока. Сила тока в этой цепи определяется формулой:

$$J = \frac{U}{R_o + R_x} \quad (2.1)$$

где R_o - сопротивление самого прибора; U - приложенное напряжение.

При постоянном значении U сила тока зависит только от R_x . Поэтому шкалу прибора можно проградуировать непосредственно в омах. Тогда прибор и становится омметром. Ясно, что при $R_x = 0$, сила тока максимальна. И, наоборот, при $R_x = \infty$, сила тока равна нулю (разрыв цепи). Следовательно, нуль шкалы омметра находится справа, а не слева, как обычно.

Так как прилагаемая при измерениях разность потенциалов может оказаться не равной той, которая была приложена при градуировке, то ее нужно каждый раз перед измерениями проверять. Для этого прибор замыкают накоротко и с помощью дополнительного сопротивления (уст.0) его показания приводятся к нулю (этим устанавливается калибровка). После этого прибор готов к измерениям. Обычно измерительным прибором служит микроамперметр магнитоэлектрического типа. Прибор снабжен источником питания - батареей. Измерения производятся следующим образом.

1. Переключатель рода работы устанавливается в положение R_x (нажать соответствующую кнопку).
2. Переключатель пределов измерения устанавливается в положение $\Omega - k\Omega$ и на удобный для измерения диапазон.
3. Замыкаются накоротко соединительные провода и ручкой " $\Omega k\Omega pF$ " устанавливается стрелка измерительного прибора на "0" по шкале " $\Omega k\Omega pF$ ".
4. Соединительные провода присоединяются к клеммам измеряемого резистора.
5. Производится отсчет значения сопротивления с учетом коэффициента перемножения в зависимости от диапазона измерения (* 1, * 10, * 100 для Ω , * 1, *-10, для $k\Omega$).
6. После окончания измерений переключатель пределов устанавливается в безразличное положение (между 600 В и 1500 мА), переключатель рода работы - в положение " \sim ".
7. Отсоединяются провода от клемм резистора.

2.2. Измерение сопротивления методом вольтметра-амперметра

Метод основан на том, что вольтметром измеряется падение напряжения U на концах измеряемого сопротивления R_x и амперметром сила тока J в нем. Значение R_x определяется по закону Ома для участка цепи. Для измерения сопротивления собирается одна из двух схем (рис. 2.1).

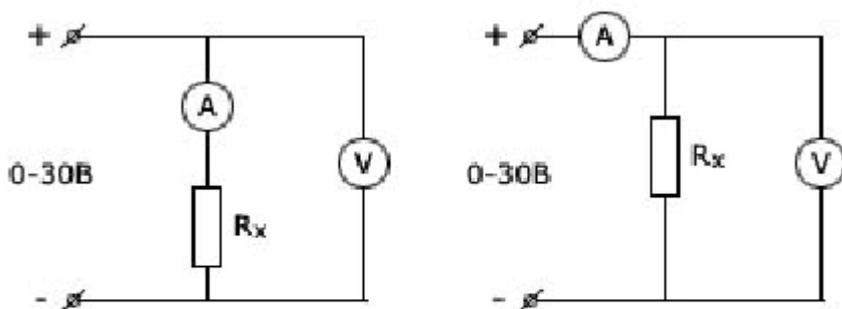


Рис. 2.1. Измерение сопротивления методом вольтметра-амперметра

В схеме А) амперметр А измеряет ток, текущий через исследуемое сопротивление, так что показание амперметра, которое обозначим через J_x , дает ток в измеряемом сопротивлении R_x . Но вольтметр V измеряет падение напряжения на участке цепи куда уходит не только измеряемое сопротивление R_x , но и сопротивление амперметра R_A . Поэтому показание вольтметра U не равно U_x и выражение $\frac{U}{J_x}$ не равно R_x , а суммарному сопротивлению $R_x + R_A$.

Значение же R_x равно, очевидно,

$$R_x = \frac{U}{J_x} - R_A \quad (2.2)$$

только в том случае, когда $R_x \gg R_A$, можно считать, что $R_x = \frac{U}{J_x}$

В схеме Б) вольтметр измеряет падение напряжения на концах измеряемого сопротивления R_x , так что $U = U_x$, но амперметр А измеряет не силу тока J_x в измеряемом сопротивлении, а сумму токов $J_x + J_V$, где J_V - сила тока в ветви, содержащей вольтметр. Таким образом, показание амперметра, которое обозначим J_A , равно $J_x + J_V$. Отсюда $J_x = J_A - J_V$. Так как $J_V = \frac{U}{R_V}$, то для вычисления R_x получается формула:

$$R_x = \frac{U}{J - \frac{U}{R_V}} \quad (2.3)$$

Отсюда видно, что R_x только тогда равно частному от деления показаний вольтметра на показания амперметра, когда R_V достаточно велико по сравнению R_x .

Сопротивление приборов R_V и R_A часто указывается на приборе. Иногда указывается не сопротивление, а максимальное значение тока J_{\max} (на вольтметре) при отклонении стрелки на всю шкалу. Зная эти U_{\max} и J_{\max} можно найти и сопротивления R_A и R_V по формулам:

$$R_A = \frac{U_{\max}}{J_{\text{пред}}} ; \quad R_V = \frac{U_{\text{пред}}}{J_{\max}} \quad (2.4)$$

здесь $J_{\text{пред}}$ и $U_{\text{пред}}$ - предельные значения силы тока и напряжения, измеряемые приборами. У многопредельных приборов значения R_A и R_V различны для различных пределов, так как для всех пределов J_{\max} и U_{\max} не одинаковы.

2.3. Измерение сопротивления цифровым комбинированным прибором

Цифровой комбинированный прибор измеряет те же величины, что и описанный выше тестер. Разница заключается только в способе представления результатов измерений. При использовании прибора в качестве омметра, через измеряемое сопротивление пропускается калиброванный ток и измеряется падение напряжения на ней. Далее величина падения напряжения соотносится с величиной тока и результат тем или иным способом преобразуется в цифровую форму и индицируется на цифровом индикаторе уже в омах.

Измерения производятся следующим образом:

1. Соединительные провода подключаются в соответствующие гнезда прибора (для измерения сопротивления) и к клеммам измеряемого сопротивления.
2. Переключатель рода работы устанавливается а положение " R_x ". Переключатель диапазонов - на необходимый предел измерения.
3. Прибор включается в сеть и производится измерение. При работающем приборе соединительные провода переключается на другое сопротивление и снова измеряется его значение. Если при измерениях начинает мигать индикация или срабатывает другая сигнализация, это значит, что на данном пре-

деле происходит перегрузка прибора. Необходимо переключить на более грубый предел.

4. После измерений род работы прибора необходимо переключить, в положение " □ " и выключить его.

Погрешность измерения вычисляется по формуле, приведенной в инструкции по эксплуатации.

2.4. Измерение сопротивления с помощью моста постоянного тока

Классическим методом измерения активного сопротивления является метод моста постоянного тока, простейшая схема которого приведена на рис. 2.2.

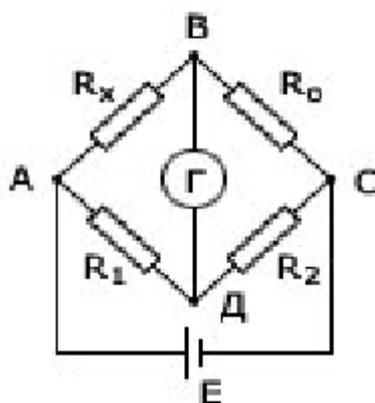


Рис 2.2. Мост постоянного тока

Он образован четырьмя последовательно соединенными сопротивлениями R_1, R_2, R_0, R_x . В одну из диагоналей моста ас включен источник тока E , в другую чувствительный гальванометр G . Ток, протекающий через гальванометр, зависит от соотношения сопротивлений R_x, R_0, R_1, R_2 . Можно подобрать такие сопротивления R_0, R_1 и R_2 , что ток через гальванометр будет равен нулю, т. е. мост будет сбалансирован. Если ток, проходящий через гальванометр, равен нулю, то разность потенциалов между точками В и Д схемы равна нулю ($U_{ВД} = 0$), т.е. потенциалы точек В и Д равны.

Обозначим ток в цепи АВС через J_1 , а в цепи АДС - через J_2 . Так как точка А является общей для участков цепи АВ и АД, а точка С -общая для участков ВС и ДС, то

$$U_{AB} = U_{AD} \text{ и } U_{BC} = U_{DC}$$

или

$$J_1 \cdot R_x = J_2 \cdot R_{1И} \quad J_1 \cdot R_o = J_2 \cdot R_2 \quad (2.5)$$

Если разделить по членно первое уравнение на второе, то

$$\frac{R_x}{R_o} = \frac{R_1}{R_2},$$

отсюда

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_o \quad (2.6)$$

То есть, величина неизвестного сопротивления R_x определяется сопротивлением R_o и соотношением плеч моста $\frac{R_1}{R_2}$.

Конструктивно схема моста постоянного тока может быть оформлена в виде самостоятельного прибора (например, мост типа Р4060) или в составе универсального моста (типа Р577). К мосту подключается измеряемое сопротивление и он компенсируется подбором до $R_o = R_x$.

Измерения мостом постоянного тока производятся по инструкции к прибору.

ИЗМЕРЕНИЕ ОМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ.

Перед началом работы необходимо ознакомиться с оборудованием, разобраться с диапазонами измерения приборов, их классами точности, необходимыми формулами для вычисления погрешностей. Изучить инструкции приборов.

По выбору преподавателя выполнить одно из заданий.

Задание I

1. Выбрать на стенде два резистора и записать их номера.
2. Измерить сопротивления резисторов с помощью тестера 5-8 раз каждое (см. 2.1.).
3. Оценить погрешность измерения сопротивлений.

4. Измерить эти же резисторы методом вольтметра-амперметра по любой из схем рис.2.1 (см. 2.2). Необходимо снять 10-15 точек, меняя выходное напряжение источника питания. Оценить погрешности вычисленных значений сопротивлений резисторов.
5. Сравнить значения сопротивлений, измеренных разными способами и сделать выводы.
6. Соединить измеренные резисторы последовательно и измерить общее сопротивление с помощью комбинированного прибора (см. 2.11).
7. Сделать выводы о выполнении правила вычисления сопротивления последовательного соединения резисторов.

Задание 2.

1. Смотри задание I, пункты 1-5.
2. Соединить измеренные резисторы параллельно и измерить их общее сопротивление комбинированным прибором (см. 2.1).
3. Сделать выводы о выполнении правила вычисления общего сопротивления параллельно включенных резисторов.

Задание 3.

1. Выбрать два резистора на стенде и записать их номера.
2. Измерить сопротивления резисторов с помощью комбинированного прибора (см. 2.1) 5-8 раз, оценить погрешности измерений.
3. Измерить эти же резисторы мостом постоянного тока согласно инструкции также 5-8 раз (см. 2.4) и оценить погрешности измерений.
4. Те же резисторы измерить с помощью цифрового комбинированного прибора (см. 2.3) и оценить систематическую погрешность измерения.
5. Методом вольтметра-амперметра измерить оба сопротивления в 5-8 точках по току и напряжению (меняя выходное напряжение блока питания) (см. 2.2). Оценить погрешности измерения сопротивлений.
6. Сделать вывода.

Задание 4

1. Выбрать три резистора на стенде и записать их номера.

2. Измерить их сопротивления тестером (см. 2.1) и вычислять систематическую погрешность измерений.
3. Включить эти резисторы последовательно и измерить общее сопротивление с помощью тестера, вычислить систематическую погрешность измерения.
4. Проверить, выполняется ли в пределах погрешности измерения правило последовательного соединения сопротивлений.
5. Соединить эти же резисторы параллельно и измерить общее сопротивление также тестером, вычислить систематическую погрешность измерения.
6. Проверить, выполняется ли в пределах погрешности измерения, правило параллельного соединения сопротивлений.
7. Сделать выводы.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 3.1. Сформулируйте закон Ома для участка цепи и определите, что такое сопротивление проводника?
- 3.2. Какие методы применяются для измерения сопротивления?
- 3.3. В чем состоит принцип моста постоянного тока?
- 3.4. Как вычислить погрешность общего сопротивления при последовательном и параллельном соединении проводников?

4. ЛИТЕРАТУРА

- 4.1. Телеснин Р.В., Яковлев В.Ф. Курс физики. Электричество. М.: Просвещение, 1969.
- 4.2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Электричество. М.: Наука, 1983.
- 4.3. Савельев И.В. Курс общей физики. Электричество, М.: Наука, 1970.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ МИКРОСХЕМ ТИПА ТТЛ

2.1. Цель работы

Целью работы является ознакомление с функциями микросхем средней степени интеграции на примере анализа работы простейших логических и триггерных ТТЛ микросхем типа К155ЛР3, К155ТМ2, К155ИР1, К155ИЕ2.

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. Внимательно ознакомиться с методическим руководством - с методикой проведения эксперимента (раздел 2.3), с основами работы микросхем (раздел 2.4), с устройством и принципом работы лабораторного стенда (раздел 2.5), требованиями к отчету (раздел 2.6).

2.2.2. Ответить на вопросы преподавателя по содержанию работы и методике проведения исследований. Получить допуск к практической части работы и номера заданий.

2.2.3. Установить на лабораторном стенде микросхемы и исследовать их работу согласно заданию в соответствии с методикой проведения эксперимента (раздел 2.3).

2.2.4. Показать преподавателю работу микросхем и ответить на вопросы по их работе (для каждого задания).

2.2.5. Оформить и сдать отчет.

2.3. Методика проведения эксперимента

2.3.1. Микросхема устанавливается на специальном лабораторном стенде, описание которого приведено в разделе 2.5. Перед началом работ следует получить комплект микросхем на колодках, подключить стенд к сети и проверкой убедиться в исправности индикаторов и генератора.

2.3.2. Получить у преподавателя номера заданий. В зависимости от сложности заданий и учебной специальности выдается 2-4 задания из табл. 2.1.

Установить микросхему на лабораторном стенде и проверить правильность её работы подавая на входы схемы при помощи тумблеров различные комбинации логических сигналов и снимая показания светодиодов, соответствующие выходным сигналам.

Задания .		Таблица 2.1
Но- мер за- дания	Содержание	Примечания
1	Провести анализ работы микросхемы К155ЛР3	Подавая на входы различные комбинации логических сигналов, составить таблицу соответствия (упрощенно) и определить логику работы микросхемы. Записать логическую схему и логическое выражение.
2	Провести анализ работы микросхемы - "черного ящика"	Составить таблицу соответствия. Записать логическую схему и логическое выражение.

- 3 Провести анализ работы микро- S и D, C. С помощью внешнего соединения пре-схемы K155TM2 образовать МС в Т-триггер
- 4 Провести анализ работы микро- параллельной и последовательной записи. С по-схемы K155ИР1 мощью внешнего соединения установить режим "бесконечного" сдвига информации по кольцу (бегущий огонь)
- 5 Провести анализ работы микро- коде (для выводов А, В, С, D) производится счет схемы K155ИЕ2 в 1-м и 2-м положении тумблера

2.3.3. При работе с лабораторным стендом придерживаться следующей последовательности действий:

- выключить питание ("сеть");
- установить микросхему на колодке в гнездо стенда;
- поставить все тумблеры в "отжатое" положение, т.е. в положение подачи логической "1" на все выходы при отключенном генераторе импульсов;
- подать сетевое питание на стенд тумблером "ВКЛ";
- подавая согласно заданию сигналы на входы микросхемы с помощью тумблеров и генератора импульсов, снять и записать показания светодиодов, соответствующие состояниям на выходе микросхемы.

2.3.4. После окончания экспериментов проводится обработка результатов, выполняются необходимые рисунки и оформляется отчёт.

Внимание! Категорически запрещается подавать на выходы, соответствующие логическим ВЫХОДАМ микросхемы, напряжения логического "0", т.е. подключать к этим выводам генератор и устанавливать кнопки в "нажатое" положение.

2.4. Необходимые сведения о работе микросхем

Среди микросхем средней степени интеграции очень широкое применение нашли микросхемы ТТЛ, изготовленные по планарно-эпитаксиальной технологии на кристаллах кремния с изоляцией элементов р-п переходом и называемые схемами транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Микросхемы ТТЛ первых серий разработки имеют среднее быстродействие, соответствующее тактовой частоте переключения 10-20 МГц, и достаточно большую потребляемую мощность. Дальнейшее развитие серии ТТЛ идет по пути повышения быстродействия и снижения потребляемой мощности при сохранении основных электрических параметров (уровня сигналов, напряжения питания), структуры и цоколёвки. Прежде всего это касается микросхем ТТЛШ, имеющих во внутренней структуре р-п переходы с барьером Шотки. Следует вспомнить, что эффект Шотки снижает пороговое напряжение открывания кремниевого диода от обычных 0,7 В до 0,2-0,3 В и значительно уменьшает время жизни неосновных носителей в полупроводнике. К микросхемам ТТЛ (ТТЛШ) относится большая группа серий, например К134, К155, К131, К555, К531, К1533, К1531.

В работе изучаются микросхемы серии К155 - одной из первых разработанных серий ТТЛ. Данная серия представлена свыше 100 наименованиями микросхем - от простейших логических элементов до сложных устройств типа счётчиков, регистров, шифраторов, дешифраторов, мультиплекторов, сумматоров, оперативных и постоянных запоминающих устройств и др.

2.4.1. Микросхема К155ЛР3

Микросхема К155ЛР3 является комбинацией простейших логических элементов и предлагается для изучения в качестве "чёрного ящика". Для облегчения исследования микросхемы на рис. 2.1 представлена схема соединения отдельных логических элементов и нумерация выводов.

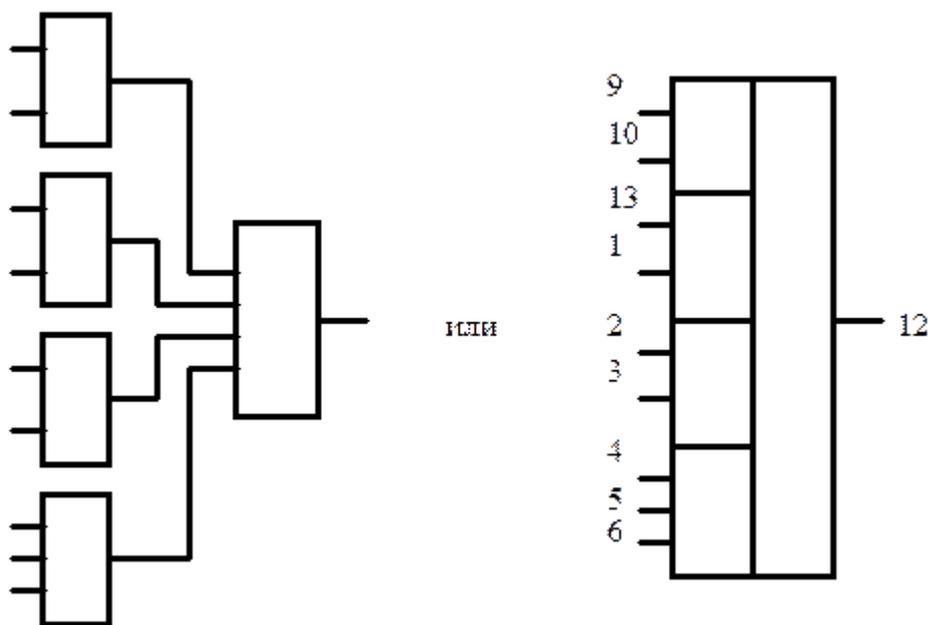
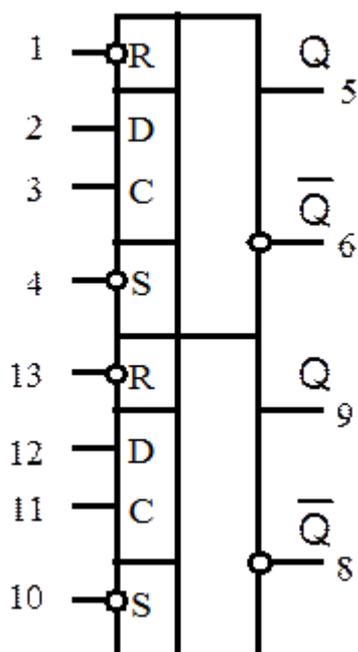


Рис. 2.1. Микросхема К155ЛР3

Задание. Подавая на входы различные комбинации логических сигналов, определить логику работы микросхемы.

2.4.2. Микросхема К155ТМ2



Микросхема К155ТМ2 содержит два независимых D-триггера с прямым и инверсным выходами в одном корпусе. Раздельные входы R и S служат для асинхронной (то есть независимой от сигнала на тактовом входе) установки триггера в нулевое и единичное состояния соответственно. Работа данного триггера по входам R и S аналогична работе RS-триггера. При наличии на входах R и S логических уровней, соответствующих состоянию "запоминания", триггер может переключаться при прохождении тактового (стробирующего) сигнала на входе C, если предварительно был изменен уровень на входе D.

Нумерация выводов микросхемы К155ТМ2 приведена на рисунке справа.

Задание. Продемонстрировать преподавателю работу триггера во всех режимах. Установить, по какому (положительному или отрицательному) фронту тактового импульса происходит переключение триггера. С помощью внешнего соединения преобразовать один из триггеров микросхемы К155ТМ2 в Т-триггер.

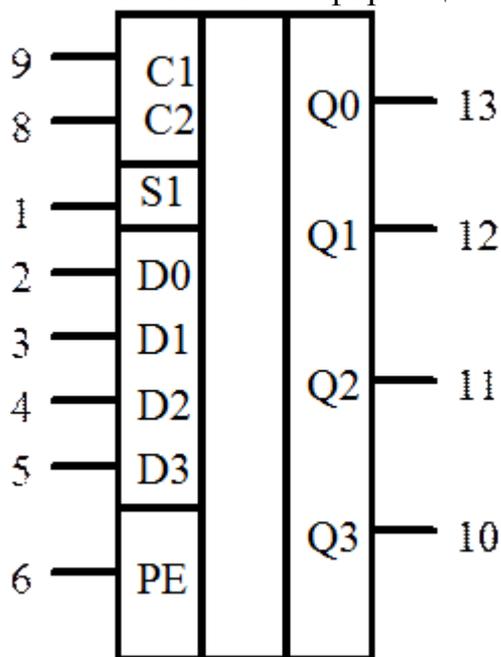
2.4.3. Микросхема К155ИР1

Микросхема К155ИР1 - четырёхразрядный, сдвиговый регистр. Он имеет последовательный вход данных S1 (вывод 1), четыре параллельных входа D0-D3 (выводы 2 - 5), и два тактовых входа C1 и C2 (выводы 9 и 8). Вход параллельной загрузки PE (вывод 6) служит для выбора режима работы регистра.

Если на вход PE подается напряжение высокого уровня, то разрешается работа тактовому входу C2. В момент прихода на этот вход перепада тактового импульса в регистр (выходы Q0, Q1, Q2, Q3 - выводы 13-10) загружаются данные от параллельных входов D0-D3.

Если на вход PE подано напряжение низкого уровня, разрешается работа тактовому входу C1. Фронты тактовых импульсов сдвигают данные от последовательного входа S1 на выход Q0, затем на Q1, Q2 и Q3.

Таким образом, регистр может работать в режиме параллельной и последовательной записи информации.



Параллельная запись информации означает запись n -разрядной информации (данных) с n входов на n выходов одновременно, за один такт.

Последовательная запись информации означает запись n -разрядной информации (данных) с одного входа на n выходов последовательно за n тактов.

Нумерация выводов микросхемы К155ИР1 приведена на рисунке справа.

Задание. Продемонстрировать преподавателю работу регистра по записи заданного числа в режимах последовательной и параллельной записи, определить, по какому (отрицательному или положительному) перепаду тактового импульса происходит запись информации. С помощью внешнего соединения установить режим "бесконечного" сдвига информации по кольцу (бегущий огонь).

2.4.4. Счетчики

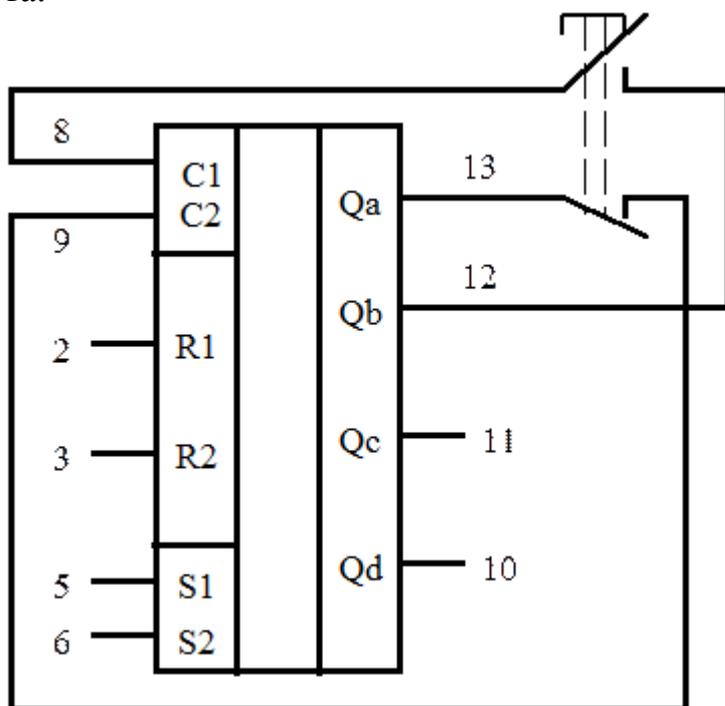
Соединив последовательно несколько триггерных схем - делителей частоты на два, можно получить простейший многоразрядный двоичный делитель. Более общее название для делителей частоты - счётчики. Коэффициент деления счётчика, состоящего из n -триггеров типа Т, составляет 2^n , где n - число двоичных разрядов счетчика. В настоящее время используется много вариантов счётных схем: асинхронные и синхронные (с одновременным изменением сигналов на всех выходах); двоичные и десятичные (с коэффициентами деления 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16 и т.д.); однонаправленные, только с увеличением счета, и двунаправленные, счет в которых может увеличиваться и уменьшаться (такие счетчики называют реверсивными); с постоянным или переключаемым коэффициентом деления.

Основой любой из этих схем служит линейка из нескольких триггеров. Варианты счётчиков отличаются схемами управления этими триггерами. Между триггерами добавляются логические связи, назначение которых - за-

претить прохождение в цикле счёта лишним импульсам. Например, четырех-триггерный счетчик может делить исходную частоту на 16, так как $2^4=16$. Получим минимальный выходной код 0000, а максимальный - 1111. Чтобы построить счётчик-делитель на 10, трех триггеров недостаточно ($10 > 2^3$), поэтому десятичный счетчик содержит в своей основе четыре триггера, но имеет обратные связи, останавливающие счёт при коде 9=1001.

Микросхема К155ИЕ2

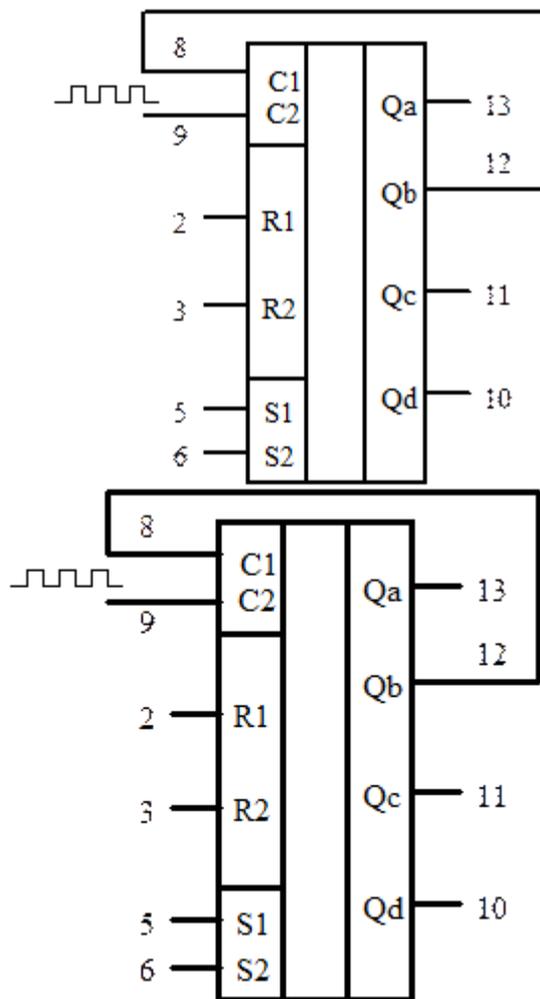
Микросхема К155ИЕ2 - четырехразрядный асинхронный счетчик. Имеет четыре триггера, разделенные на две независимые схемы. Путем коммутации входов и выходов можно получить различные кодовые комбинации счёта. Счетчик имеет два счётных входа С1 и С2, два входа R (R1 и R2) для асинхронного сброса и два асинхронных входа S (S1 и S2) для предварительной записи в счётчик двоичного кода, соответствующего последней цифре счёта.



Входы асинхронного сброса R1 и R2 (двухвходовой элемент И) запрещают действие импульсов по счётным входам и входам установки S. Две "1", поданные на вход R, дают сброс данных по всем триггерам одновременно. При этом все выходы счётчика Qa - Qd устанавливаются в нулевое состояние. Две "1" на входах S1 и S2 (двухвходовой элемент И) запрещают прохождение на счётчик импульсов, а также сигналов от входов R1 и R2. При этом на выходах счётчика Qa - Qd устанавливается напряжение выходных уровней, соответствующее последней счётной цифре.

Схема подключения микросхемы К155ИЕ2 к колодке показана на рисунке слева.

Таким образом при переключении тумблера в положение "1" и "2" счётчик подключается по следующим схемам:



а) б)

Рис. 2.2. Варианты подключения МС К155ИЕ2: а) тумблер в положении "1" (счётный вход - С1); б) тумблер в положении "2" (счётный вход - С2)

Задание. Определить, на сколько импульсов и в каком коде (для выводов А, В, С, D) производится счет в 1-м и 2-м положении тумблера.

При выполнении задания учесть, что в обоих случаях последовательность импульсов преобразуется в неравновесный взвешенный (весовой) код. При составлении таблицы соответствия номеров импульсов и кодовых комбинаций на выходе рекомендуется предварительно производить сброс триггера по входам принудительной установки R или S.

2.5. Устройство лабораторного стенда

Лабораторный стенд предназначен для исследования 14-выводных микросхем средней степени интеграции путём подачи на входы заданных уровней логических "0" и "1" или серии импульсов (меандр) от генератора.

Стенд выполнен в виде корпуса, на переднюю панель которого выведены разъём для подключения микросхем, тумблеры управления и устройства индикации. На рис. 2.3 упрощенно представлен внешний вид лицевой панели с указанием основных элементов.

Лабораторный стенд состоит из следующих функциональных блоков: блока питания, генератора импульсов с переключателем выводов, блока ин-

дикации, блока механических переключателей и разъёма для подключения колодок с микросхемами.

Блок питания обеспечивает постоянное напряжение 5 В, используемое для питания микросхем и схемы установки.

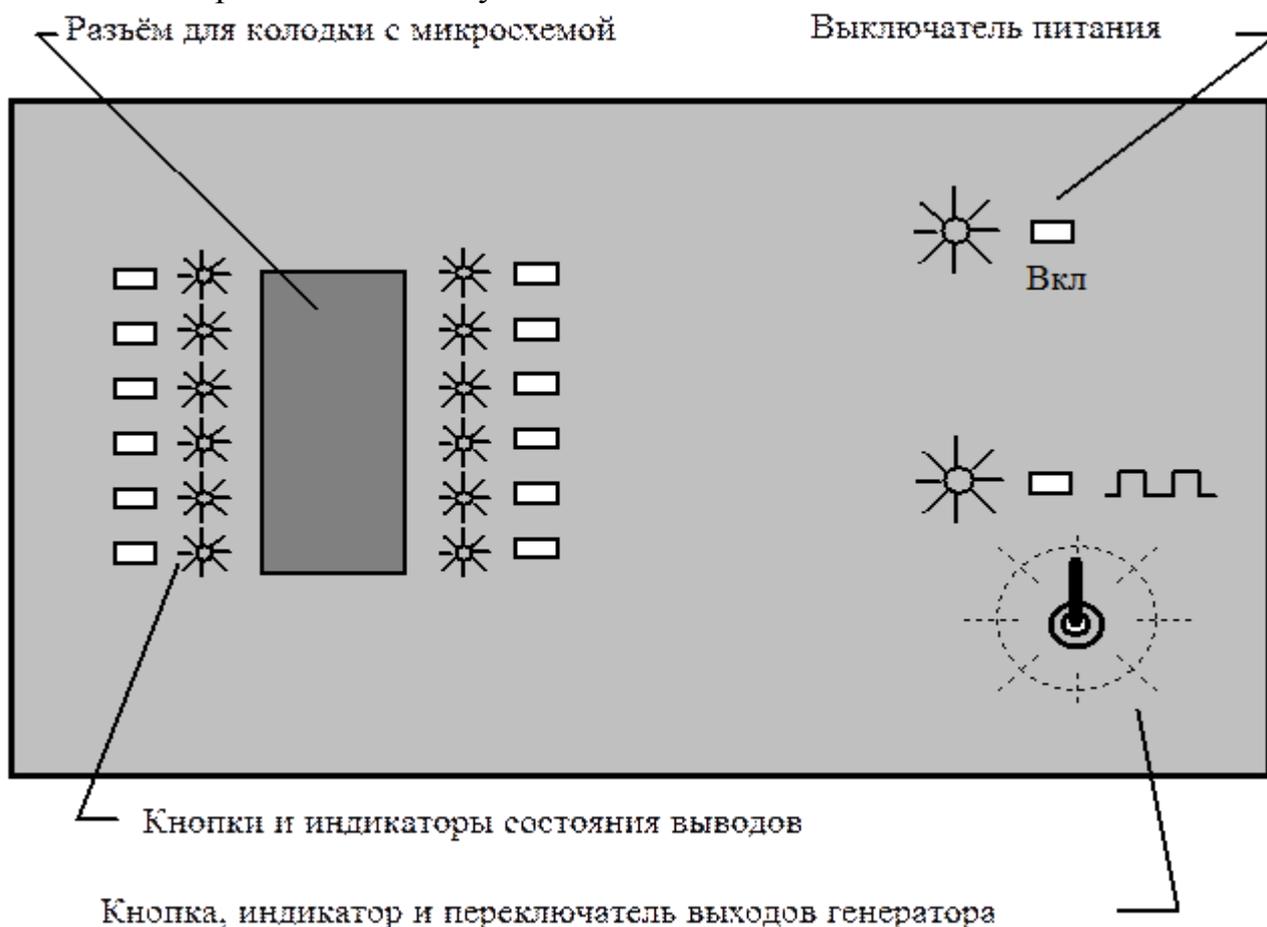


Рис. 2.3. Лицевая панель лабораторного стенда

Генератор импульсов выделяет серии импульсов для подачи их на входы подключаемой в разъём микросхемы. Серии импульсов предназначены для работы микросхем с динамическими входами (триггеры, счётчики, регистры). Частота следования импульсов, имеющих форму меандра, составляет около 1 Гц. Логическому "0" соответствует уровень напряжения не более 0,4 В (0...0,4 В), логической "1" - не менее 2,4 В (2,4...5 В). Подключение генератора производится кнопкой "⎓". Рядом с кнопкой установлен светодиодный индикатор для контроля выходного сигнала генератора и переключатель выводов, позволяющий подать сигнал генератора на любой из выводов МС, исключая выходы питания.

Блок механических переключателей представляет собой 12 кнопочных переключателей с независимой фиксацией, позволяющих подавать на выходы МС любую комбинацию "0" и "1". Нажатая кнопка замыкает вывод МС на "землю" и тем самым подает на вывод логический "0". *В связи с этим не нажимайте кнопки у логических выходов МС, иначе произойдет короткое замыкание выходных элементов МС.*

Блок индикации состоит из схемы управления и 12 светодиодов, расположенных около кнопочных переключателей. Светодиоды позволяют визу-

ально наблюдать за уровнями напряжения входных и выходных сигналов МС. Свечение светодиода соответствует уровню логической "1" на данном выводе.

При выполнении заданий рекомендуется опытным путём ознакомиться с явлением "дребезга контактов", характерным для механических переключателей, особенно для низкоскоростных, таких как П2К, применённых в данном лабораторном стенде. Выявить "дребезг контактов" легче всего при изучении работы счётчика К155ИЕ2 и сдвигового регистра К155ИР1 в режиме последовательной записи. Для этого следует сравнить результаты работы МС при подаче тактовых (синхронизирующих) импульсов от встроенного генератора с результатами работы МС при подаче тактовых импульсов вручную путем одного или нескольких нажатий кнопки тактового входа при отключенном сигнале генератора.

2.6. Требования к отчёту

В отчёте должно быть отражено следующее:

2.6.1. Дата, название работы, фамилии студентов, выполнявших работу.

2.6.2. Задание.

2.6.3. Необходимые рисунки схем, формулы и пояснения.

2.6.4. Заполненные таблицы соответствия или временные диаграммы.

2.6.5. Выводы по каждому заданию.

3. Изучение структуры и интерфейса программного пакета

“Multisim”, получение навыков работы по моделированию электрических цепей постоянного тока и измерению их параметров.

Теоретические сведения:

При подготовке к выполнению данной работы необходимо повторить законы Ома и Кирхгофа, а также ознакомиться с интерфейсом программного пакета “Multisim” и виртуальными приборами (мультиметр и измеритель мощности), используя литературу [1].

Единицы измерения основных электрических величин:

- **Напряжение (U) и электродвижущая сила (э.д.с.) – (E) - Вольт (В)**

Производные единицы: 1 кВ (киловольт) = 1000 В ; 1В = 1000 мВ (милливольт);

1 мВ = 1000 мкВ (микровольт).

- **Ток (I) - Ампер (А)**

Производные единицы: 1 А = 1000 мА (миллиампер) ; 1мА = 1000

мкА(микроампер);

1 мкА = 1000 нА (наноампер).

- **Активное сопротивление (R) - Ом.**

Производные единицы: 1 Мом (мегом) = 1000 кОм (килоом);

1кОм = 1000 Ом;

1 Ом = 1000 мОм (миллиом).

- **Активная мощность (P) - Ватт (Вт) .**

Производные единицы: 1 кВт (киловатт) = 1000 Вт; 1Вт = 1000 мВт

(милливатт);

1 мВт = 1000 мкВт (микроватт).

- **Емкость (C) – Фарада (Ф)**

Производные единицы: 1 мкФ (микрофарада) = 10^{-6} Ф; 1нФ (нанофарада) = 10^{-3} мкФ = 10^{-9} Ф;

1пФ (пикофарада) = 10^{-12} Ф = 10^{-6} мкФ = 10^{-3} нФ.

- **Индуктивность (L) – Генри (Гн)**

Производные единицы: 1 мГн (миллигенри) = 10^{-3} Гн; 1мкГ (микрогенри) = 10^{-6} Гн = 10^{-3} мГн;

1нГн (наногенри) = 10^{-9} Гн = 10^{-6} мГн = 10^{-3} мкГн.

При расчете цепей необходимо подставлять значения электрических параметров в вольтах, амперах, омах, ваттах, фарадах, генри (если не указаны другие размерности)

При выполнении данной лабораторной работы используются источник постоянного напряжения, постоянные и переменные резисторы.

Основные схемы и формулы для цепей постоянного тока приведены на рис.1.1...рис.1.5.

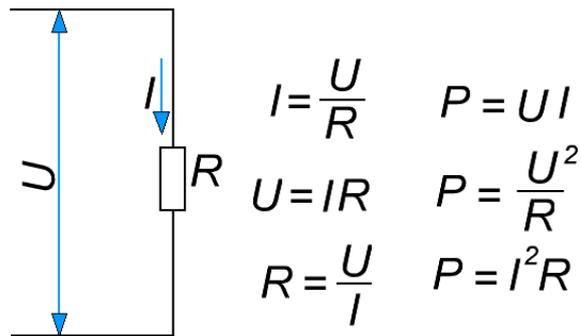


Рис.1.1. Закон Ома для участка цепи и формулы расчета мощности.



Рис.1.2. Закон Ома для всей цепи.

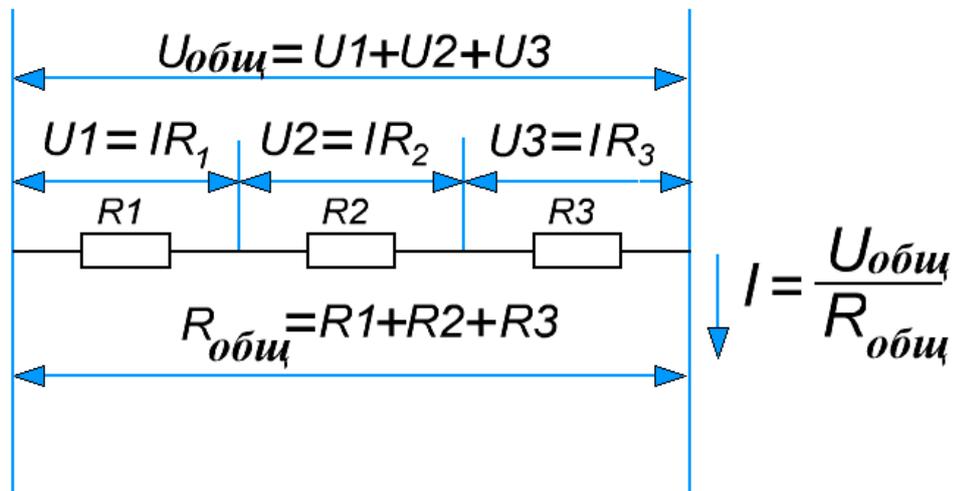


Рис.1.3. Последовательное соединение сопротивлений.

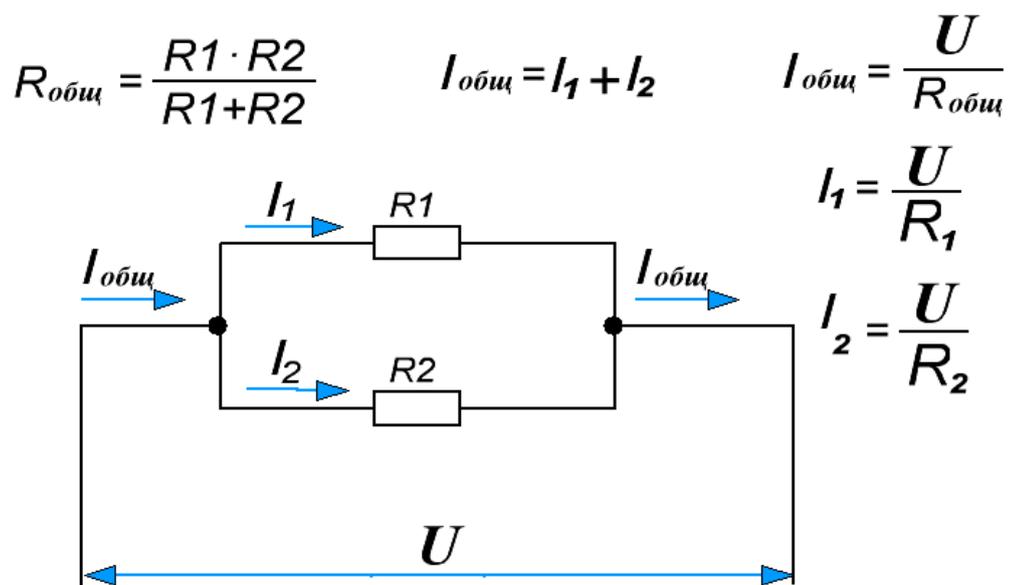


Рис.1.4. Параллельное соединение двух сопротивлений.

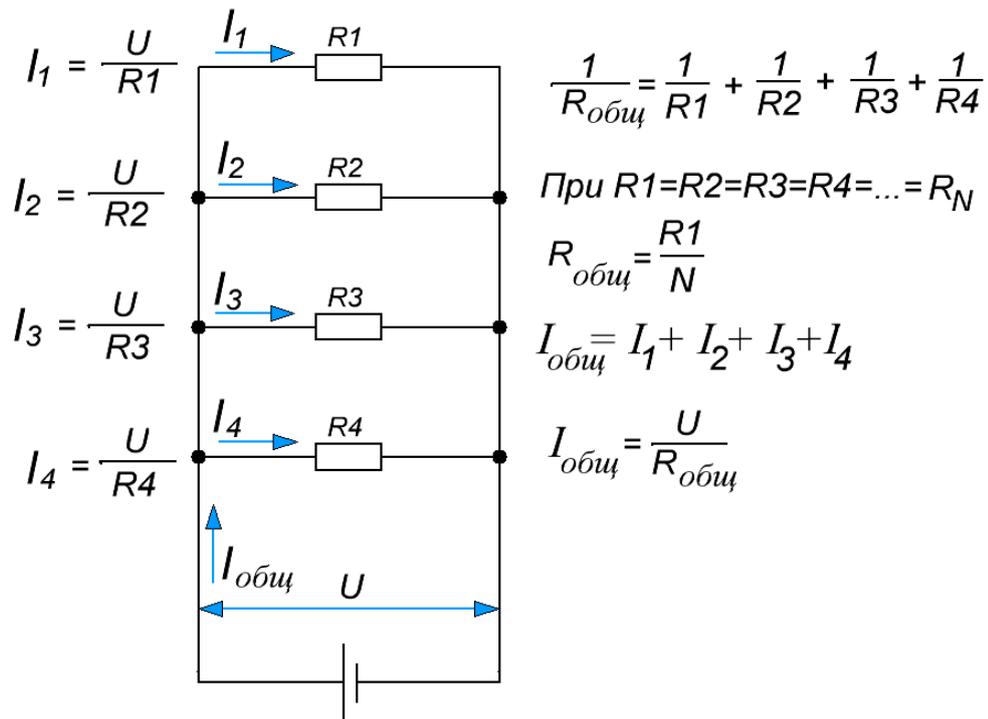


Рис.1.5. Параллельное соединение нескольких сопротивлений.

Выполнение работы:

1. Собрать при помощи программного пакета “Multisim” схему, приведенную на рис.1.6, выбрав необходимый вариант из табл.1.1
2. Произвести расчет указанных в табл.1.2 необходимых параметров схемы.
3. Включить моделирование схемы и произвести измерения параметров схемы, указанных в табл.1.2.
4. Сравнить расчетные и экспериментальные данные.
5. Выполнить аналогичные действия для схем рис.1.7 (табл.1.3,1.4) и рис.1.8(табл.1.5,1.6).

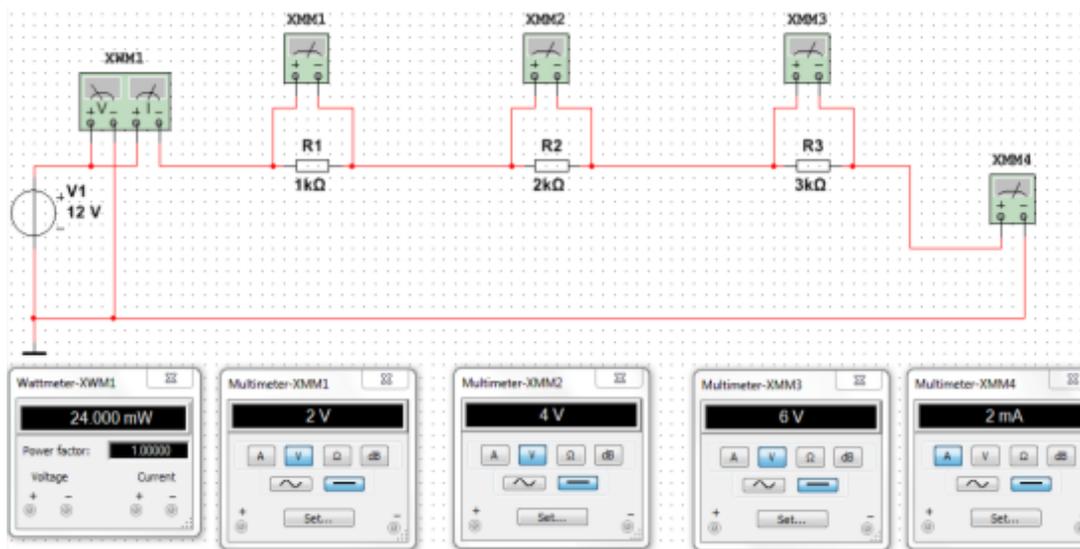


Рис.1.6. Последовательное соединение сопротивлений.

Табл.1.1

№ вар.	Напряжение питания (U), В	Сопротивление резистора R1, Ом	Сопротивление резистора R2, Ом	Сопротивление резистора R3, Ом
1	10	10	20	30
2	11	11	22	33
3	12	12	24	36
4	13	13	27	39
5	14	15	30	43
6	15	15	33	47
7	16	16	36	51
8	17	18	39	56
9	18	20	43	62
10	19	22	47	68
11	20	24	30	75
12	21	27	33	82
13	22	30	36	91

14	23	33	39	100
15	24	36	43	110
16	25	39	47	120
17	26	43	51	130
18	27	47	56	150
19	28	51	62	160
20	29	56	68	180

Табл.1.2

Параметр	Расчетные данные	Результаты измерений
Общее сопротивление цепи R _{общ} , Ом		
Ток I, А/мА		
Напряжение на резисторе R1, В		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R1, Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Напряжение на резисторе R2, В		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R2, Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Напряжение на резисторе R3, В		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R3, Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Общая мощность, потребляе- мая резисторами R1, R2,R3, Вт		

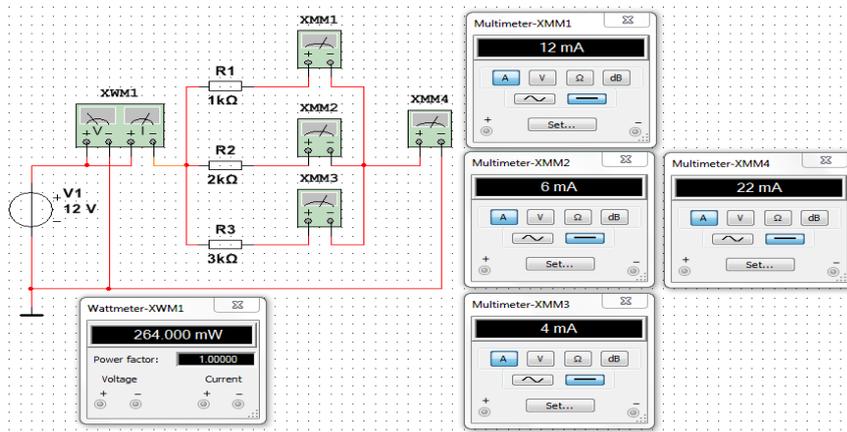


Рис.1.7. Параллельное соединение сопротивлений.

Табл.1.3

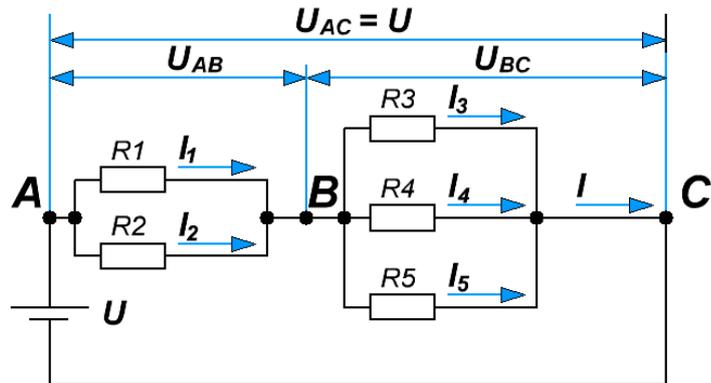
№ вар.	Напряжение питания (U), В	Сопротивление резистора R1, Ом	Сопротивление резистора R2, Ом	Сопротивление резистора R3, Ом
1	10	10	20	30
2	11	11	22	33
3	12	12	24	36
4	13	13	27	39
5	14	15	30	43
6	15	15	33	47
7	16	16	36	51
8	17	18	39	56
9	18	20	43	62
10	19	22	47	68
11	20	24	30	75
12	21	27	33	82
13	22	30	36	91
14	23	33	39	100
15	24	36	43	110

16	25	39	47	120
17	26	43	51	130
18	27	47	56	150
19	28	51	62	160
20	29	56	68	180

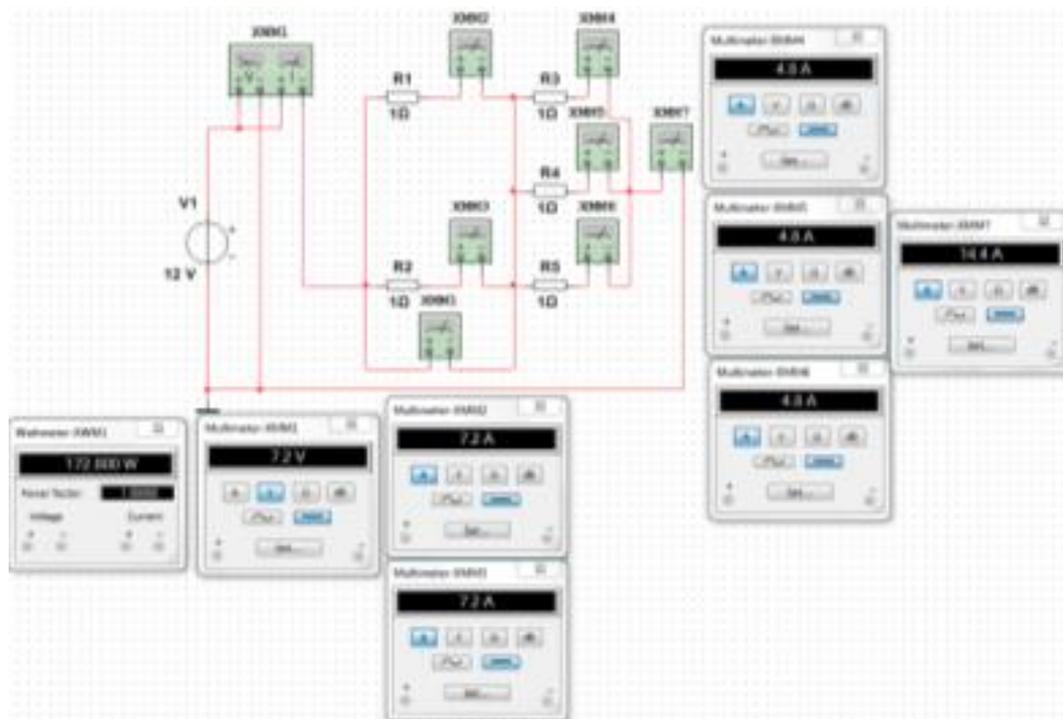
Табл.1.4

Параметр	Расчетные данные	Результаты измерений
Общее сопротивление цепи $R_{общ}$, Ом		
Ток I , А/мА		
Ток через резистор R_1 , А		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R_1 , Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Ток через резистор R_2 , А		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R_2 , Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Ток через резистор R_3 , А		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R_3 , Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Общая мощность, по-		

требуемая резисторами $R_1, R_2, R_3, Вт$		
--	--	--



а)



б)

Рис.1.8. Смешанное соединение сопротивлений.

А) расчетная схема для смешанного соединения сопротивлений;

б) схема смешанного соединения сопротивлений для моделирования.

Для расчета схемы смешанного соединения сопротивлений (рис.1.8.) рекомендуется следующая последовательность действий:

1. Определить эквивалентное сопротивление участка АВ (параллельное соединение сопротивлений R1 и R2)
2. Определить эквивалентное сопротивление участка ВС (параллельное соединение сопротивлений R3, R4, R5)
3. Определить эквивалентное сопротивление RAC участка AC (последовательное соединение сопротивлений RAB и RBC)
4. Определить величину общего тока по закону Ома $I = U/RAC$
5. Определить величины напряжений $UAB = I \times RAB$ и $UBC = I \times RBC$
6. Определить величину тока через каждый резистор, используя формулу закона Ома для участка цепи
7. Определить мощность, рассеиваемую каждым резистором, используя формулу

$$P = U^2/R \quad \Leftrightarrow \quad P = I^2 R$$

Табл.1.5

№ вар.	Напряжение питания (U), В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	R5, Ом
1	10	10	20	30	20	30
2	11	11	22	33	22	33
3	12	12	24	36	24	36
4	13	13	27	39	27	39
5	14	15	30	43	30	43
6	15	15	33	47	33	47
7	16	16	36	51	36	51

8	17	18	39	56	39	56
9	18	20	43	62	43	62
10	19	22	47	68	47	68
11	20	24	30	75	51	75
12	21	27	33	82	56	82
13	22	30	36	91	62	91
14	23	33	39	100	68	100
15	24	36	43	110	75	110
16	25	39	47	120	82	120
17	26	43	51	130	91	130
18	27	47	56	150	100	150
19	28	51	62	160	110	160
20	29	56	68	180	120	180

Табл.1.6

Параметр	Расчетные данные	Результаты измерений
Сопротивление участка АВ, Ом		
Сопротивление участка ВС, Ом		
Общее сопротивление цепи R _{общ} (участок АС), Ом		
Ток I, А/мА		
Напряжение на участке АВ, В		
Напряжение на участке ВС, В		

Ток через резистор R1, А		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R1, Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Ток через резистор R2, А		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R2, Вт		----
Ток через резистор R3, А		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R3, Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Ток через резистор R4, А		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R3, Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Ток через резистор R5, А		
Мощность, рассеиваемая на резисторе R3, Вт	Расчет: Выбор станд.номинала мощности:	----
Общая мощность, потребляемая резисторами R1, R2, R3, R4, R5, Вт		

Контрольные вопросы:

1. В чем разница между файлами программного пакета “Multisim” и скриншотами, приводимыми в отчетах о выполнении лабораторных работ?
2. Какие виртуальные приборы программного пакета “Multisim” необходимы для выполнения лабораторных работ №№1...8?
3. Какие измерения можно производить при помощи виртуального мультиметра из программного пакета “Multisim”?
4. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
5. Чем отличается закон Ома для участка цепи от закона Ома для всей цепи?
6. Как определить общее сопротивление последовательно включенных резисторов?
7. Как определить общее сопротивление параллельно включенных резисторов?
8. Как определить мощность, рассеиваемую на резисторе ?

4. Создание механизма часов в программе NI Multisim. Анализ его работы.

Исходные данные: частота 2 МГц, формат сигнала - прямоугольные импульсы, амплитуда 5 В.

Используемые элементы: счётчики, сумматоры, источники питания, функциональный генератор, лампочки, цифровые индикаторы.

Краткая теория

Для создания цифровых часов используется устройство таймера и счётчик. Таймер состоит из генератора и делителей частоты.

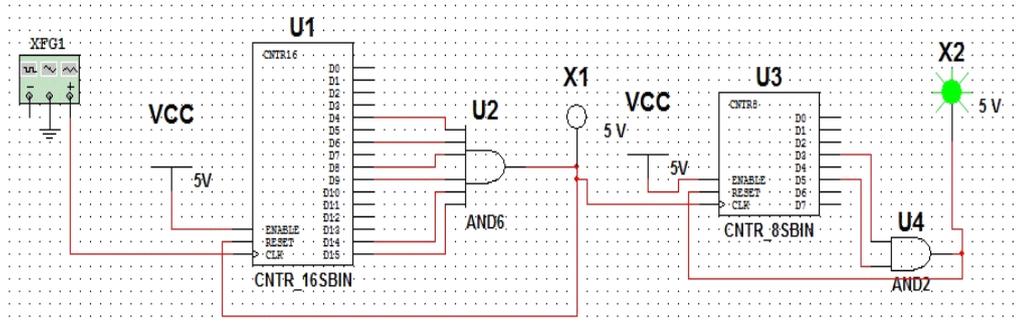
В нашей работе мы будем использовать за место устройства таймера генератор и счётчики.

Ход работы

. Создание генератора с частотой сигнала равной 1 Гц.

Используем два счётчика шестнадцатиразрядного и восьмиразрядного.

Отсчитав, 50 000 сигналов первый счётчик подаёт сигнал на второй, который в свою очередь ещё сорок, тем самым на выходе получается сигнал с частотой 1 Гц.



Заменяем счётчик на функциональный генератор с такими же параметрами.

Вывод сигнала на цифровые индикаторы.

Для правильной работы часов будем использовать счётчики до десяти.

Проектируем счётчик

На вход первого счётчика (U1) подключим генератор, на выходы цифровой индикатор. Тем самым, эта связка будет отсчитывать единицы секунд. К выходным контактам А и D подключим сумматор который будет питать следующий счётчик (U3). Так как секунд должно быть не более 60 то счётчик (U3) должен обнуляться на цифре 6. Подключим входы сумматора на контакты В и С и выход на ножку обнуления. Аналогично варианту подсчёта секунд соберём схему подсчёта минут. Индикаторы часов должны показывать число не более 24, так как ровно столько часов в сутках. Для этого от счётчика U2 выведем контакт с ножки В, а с U20 с ножки С и подключим на сумматор U25, который в свою очередь и будет обнулять их.

Составляем схему в программе NI Multisim.

