

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра приборостроения
и информационно-измерительных технологий

**ЭЛЕКТРОНИКА
И МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА.
ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА**

Методические указания к лабораторным работам

Составители
К.В. ТАТМЫШЕВСКИЙ
А.С. ГРИГОРЬЕВ
С.А. КОЗЛОВ

Владимир 2006

УДК 004.31
ББК 32.973.2
Э45

Рецензент

Доктор технических наук, профессор кафедры управления
и информатики в технических и экономических системах
Владимирского государственного университета
С.И. Малафеев

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Электроника и микропроцессорная техника. Цифровые уст-
Э45 ройства : метод. указания к лаб. работам / Владим. гос. ун-т ; сост. :
К. В. Татмышевский, А. С. Григорьев, С. А. Козлов. – Владимир :
Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. – 72 с.

Приведены методики выполнения лабораторных работ по исследованию основ-
ных электронных цифровых узлов схем по дисциплине «Электроника и микропроцес-
сорная техника». Рассматриваются основные цифровые узлы электронных схем на ин-
тегральных микросхемах серий К155, К555.

Предназначены для студентов дневного отделения, обучающихся по специаль-
ностям 200101 – приборостроение и 200106 – информационно-измерительная техника и
технологии.

Табл. 8. Ил. 20. Библиогр.: 7 назв.

УДК 004.31
ББК 32.973.2

ВВЕДЕНИЕ

Цифровая электроника – один из основных разделов, входящих в курс «Электроника и микропроцессорная техника», а также во многие другие научно-образовательные дисциплины. Данный курс лабораторных работ посвящен схемотехнике самых массовых серий цифровых микросхем – малой и средней степени интеграции. Рассматриваются микросхемы серии ТТЛ, дается обзор серий КМОП и ЭСЛ.

В первых лабораторных работах рассматриваются базовые логические элементы и их простейшие цифровые комбинационные схемы. В последующих лабораторных работах – уже более сложные устройства, такие как сумматор, микросхемы памяти, арифметико-логическое устройство, счетчики.

В методических указаниях также дается краткое описание основного контрольно-измерительного прибора – осциллографа, при помощи которого выполняются лабораторные работы. Изложены основные прави-

ла безопасности при выполнении лабораторных работ. В приложениях рассмотрены основные правила по графическому оформлению отчетов по лабораторным работам и условные графические обозначения основных элементов цифровой техники.

Методические указания предназначены для студентов специальностей 200101 – приборостроение и 200106 – информационно-измерительная техника и технологии очного вида обучения.

ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Перед включением стенда ОАВТ необходимо убедиться в исправности сетевого кабеля и заземлить корпус прибора.

Все работы по ремонту стенда необходимо производить при отключенном питании прибора.

После окончания работы стенд необходимо отключить от сети тумблером «Сеть» и выдернуть вилку сетевого кабеля из розетки.

Не допускается попадание влаги внутрь прибора.

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА. ИЗМЕРЕНИЕ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА

Цель работы: научиться использовать и изучить внутреннее устройство электронно-лучевых осциллографов. Измерить параметры различных сигналов с помощью осциллографа.

Оборудование: осциллограф универсальный С1-73, лабораторный стенд 87Л-01.

1. Общие сведения

Осциллограф является универсальным измерительным прибором. С его помощью можно измерить напряжение, силу тока, мощность, частоту, нелинейные искажения, проверить наличие генерации, наблюдать семейства статических характеристик радиоламп или транзисторов и определить другие характеристики электрических схем в широком диапазоне частот. Осциллограф позволяет непосредственно наблюдать на экране электронно-лучевой трубки форму исследуемого электрического процесса: форму токов и напряжений в различных участках радиотехнических схем, наличие наводок, искажений и т.п.

На рис. 1 изображена типовая структурная схема осциллографа. На сегодняшний день существует большое число различных по конструкции и назначению осциллографов. По-разному выглядят их лицевые панели (панели управления), несколько отличаются названия ручек управления и переключатели. Но в любом осциллографе существует минимально необходимый набор узлов, без которых он не может работать.

Основным узлом осциллографа является электронно-лучевая трубка, преобразующая электрический сигнал в видимое изображение. Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) (рис. 2) представляет собой вакуумную колбу с системой электродов, включающей в себя нить накала Н, катод К, модуля-

тор М, первый А1 и второй А2 аноды и две пары пластин: Y – вертикального и X – горизонтального отклонения луча.

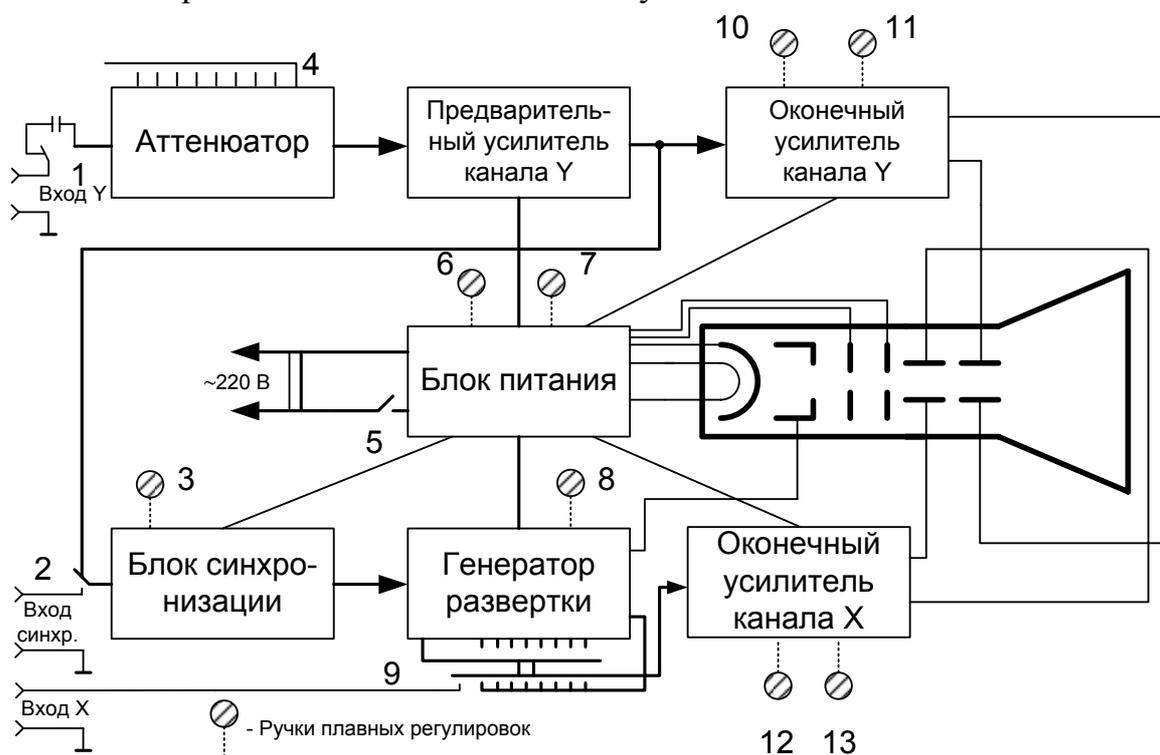


Рис. 1. Типовая структурная схема осциллографа:

1 – переключатель «открытый/закрытый вход»; 2 – переключатель «синхронизация внутренняя / внешняя»; 3 – ручка плавной регулировки синхронизации; 4 – ручка «амплитуда Y грубо»; 5 – выключатель питания; 6 – ручка «фокусировка»; 7 – ручка «яркость»; 8 – ручка «частота плавно»; 9 – ручка «частота грубо»; 10 – ручка «амплитуда Y плавно»; 11 – регулятор смещения развертки по вертикали; 12 – ручка «усиление X»; 13 – регулятор смещения развертки по горизонтали

Электроны, вылетевшие из нагретого катода, попадают в поле модулятора (управляющего электрода), который находится под отрицательным потенциалом относительно катода. Интенсивность пучка, вылетающего за пределы модулятора, а следовательно, и яркость свечения пятна на экране регулируются потенциалом модулятора.

Дальнейшее формирование пучка происходит под действием напряжения, приложенного к двум анодам, один из которых является ускоряющим, другой фокусирующим. Система электродов: накал, катод, модулятор и аноды образует так называемую электронную пушку, назначение которой сформировать узкий электронный пучок (луч) необходимой интенсивности.

Электронный пучок, пройдя между двумя парами взаимно перпендикулярных отклоняющих пластин, попадает на люминесцентный экран Э, вызывая его свечение. В зависимости от типа люминофора свечение может продолжаться от нескольких микросекунд до десятков секунд. В некоторых трубках для сохранения чувствительности применяют дополнительный ускоряющий анод АЗ, расположенный вблизи экрана Э.

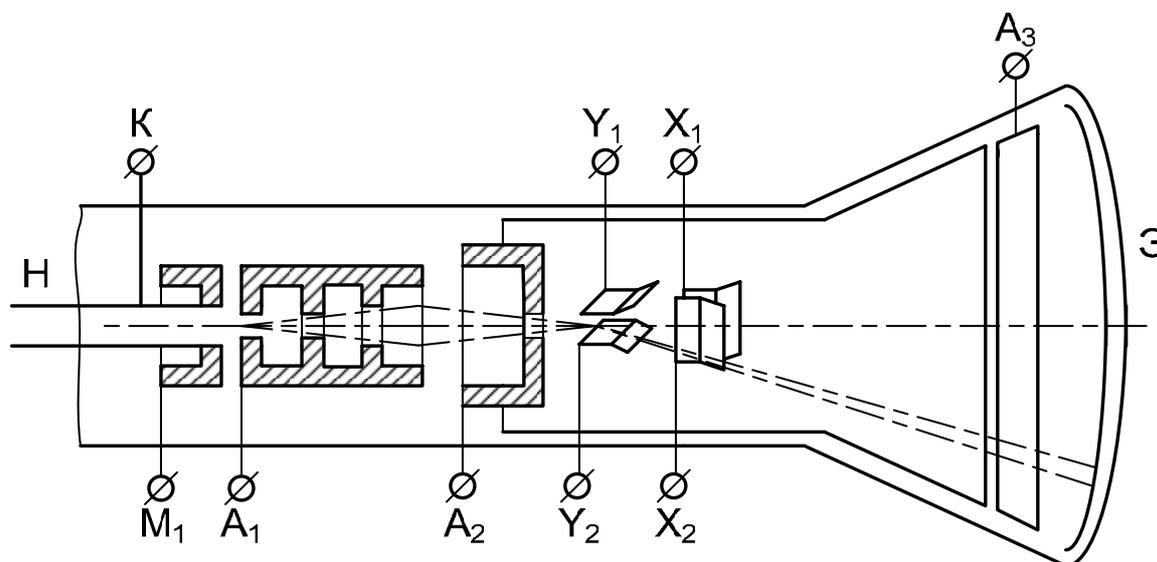


Рис. 2. Схематическое устройство ЭЛТ

На практике применяются одно-, двух- и многолучевые трубки, что позволяет наблюдать одновременно несколько сигналов. Существуют также запоминающие ЭЛТ, способные «хранить» на экране изображение сигнала длительное время.

Все более широкое применение получают цифровые осциллографы, способные преобразовывать исследуемый сигнал в цифровую форму; заносить его в память, а затем воспроизводить его на экране в различных режимах или вводить его в ЭВМ.

1.1. Принцип получения осциллограмм

Если к пластинам X или Y приложить разность потенциалов, то электронный луч будет отклоняться в горизонтальном или вертикальном направлении. Это отклонение h прямо пропорционально отклоняющему напряжению U , приложенному к пластинам, $h = US$, где S – чувствительность трубки, которая, в свою очередь, зависит от конструктивных особенностей трубки и напряжения на ускоряющем аноде.

Если на вертикально отклоняющие пластины Y подать переменное напряжение, например синусоидальной формы, то электронный луч начнет колебаться в вертикальном направлении и на экране образуется вертикальная линия. Если то же проделать с горизонтально отклоняющими пластинами X , то получим горизонтальную линию.

1.2. Генератор развертки

Для получения на экране осциллографа временной зависимости сигнала, поданного на вход Y , необходимо электронный луч перемещать в горизонтальном направлении с постоянной скоростью. Для этого на пластины X следует подать пилообразное напряжение (рис. 3), называемое напряжением развертки. Оно вырабатывается генератором развертки. Под действием пилообразного напряжения за время роста напряжения t_1 луч переместится по горизонтали слева направо, за время спада t_2 луч возвращается в исходное состояние. Таким образом, за время $T = t_1 + t_2$, называемое периодом развертки, луч осуществит прямой и обратный ход. Пилообразное напряжение формируется так, чтобы $t_1 \gg t_2$, т.е. $T = t_1$.

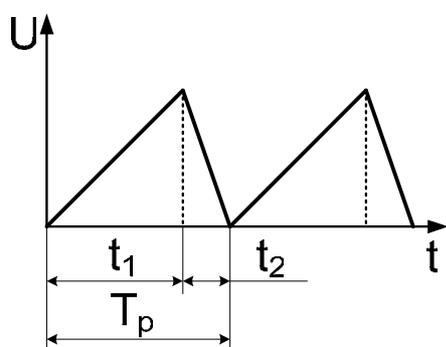


Рис. 3. Напряжение развертки:

t_1 — прямой ход луча,
 t_2 — обратный ход луча

Из-за большой скорости и специального гашения запирающим напряжением обратный ход луча обычно не просматривается.

Поскольку напряжение на пластинах X возрастает пропорционально времени, то ось X можно отождествить с осью времени.

Если во время развертки к вертикально отклоняющим пластинам Y приложить исследуемое напряжение, то положение луча в каждый момент времени будет однозначно соответствовать значению этого напряжения и на экране осциллографа будет виден участок исследуемого сигнала. Затем напряжение пилы резко падает до нуля, и луч возвращается в исходное положение. При следующем периоде пилы на экране появится новый участок исследуемого сигнала.

Очевидно, что при равенстве периодов исследуемого напряжения T_Y и развертки T_P на экране получится один период исследуемого сигнала. При $T_Y = nT_P$ (n — целое число) осциллограмма будет представлять собой

неподвижную кривую из n периодов исследуемого напряжения. При небольших отклонениях от этого условия осциллограмма будет двигаться вдоль оси X . Возникнет эффект бегущего изображения или экран будет заполнен семейством сдвинутых друг относительно друга кривых. Устойчивость изображения достигается при помощи схемы синхронизации.

Генератор развертки может работать в двух режимах: *автоколебательном (непрерывном)* и *ждушем*.

В непрерывном режиме запуск генератора развертки происходит автоматически, при этом луч совершает по экрану периодическое движение с определенной скоростью. Непрерывная развертка используется при исследовании непрерывных периодических процессов или периодической последовательности импульсов небольшой скважности (скважность Q есть отношение периода T сигнала к его длительности τ , $Q = T/\tau$).

Для наблюдения импульсных сигналов большой скважности и непериодических (одиночных) импульсов используется ждущая развертка. В этом режиме запуск генератора развертки происходит только при поступлении специального импульса, вырабатываемого схемой синхронизации и запуска. При этом генерируется только один период пилы, после чего генератор развертки «ждет» прихода очередного запускающего импульса от блока синхронизации.

Перевод генератора в ждущий режим осуществляется специальным переключателем, или регулятором «стабильность».

Кроме внутреннего генератора развертку луча можно осуществлять внешним источником, сигнал которого подается на вход X осциллографа.

1.3. Блок синхронизации

Синхронизация – процесс, при котором работа генератора развертки становится зависимой от исследуемого сигнала. Если между генератором развертки и сигналом нет никакой связи, то начинаться развертка и появляться сигнал будут в разное время, изображение сигнала на экране осциллографа будет перемещаться либо в одну, либо в другую сторону – в зависимости от разности частот сигнала и развертки (рис. 4 – непрерывный режим, рис. 5 – ждущий режим). Чтобы остановить изображение, нужно «засинхронизировать» генератор, т.е. обеспечить такой режим работы, при котором начало развертки будет совпадать с началом появления периодического сигнала (скажем, синусоидального).

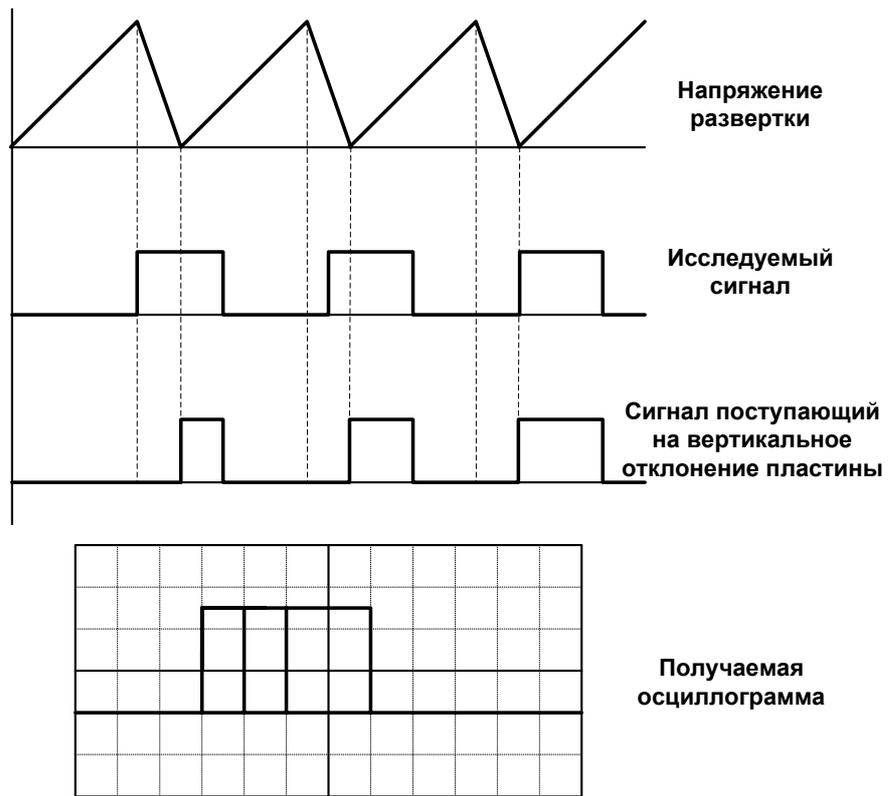


Рис. 4. Генератор развертки в автоколебательном режиме

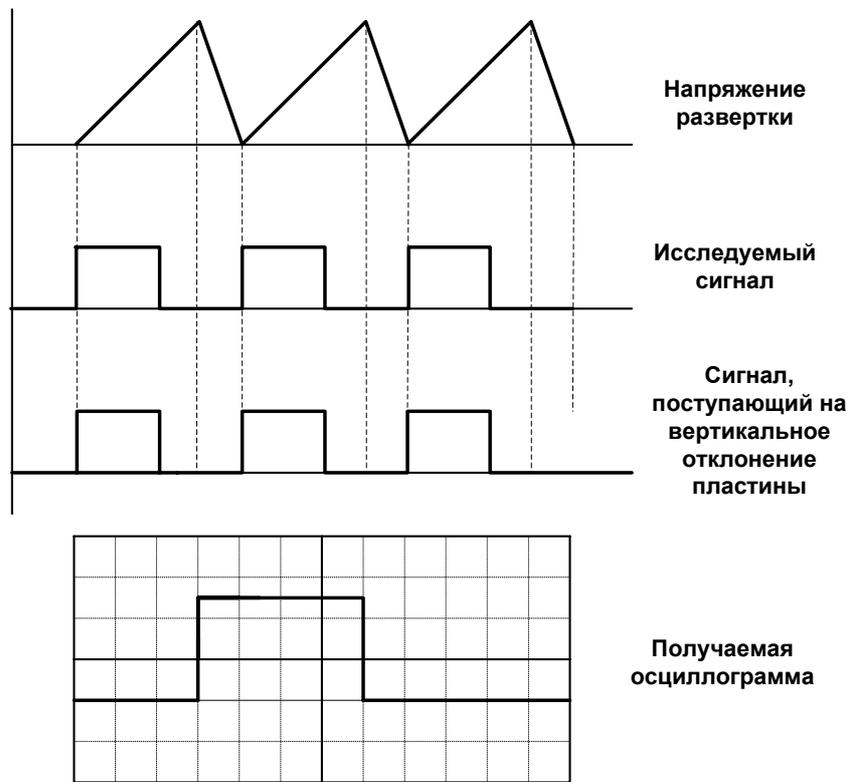


Рис. 5. Генератор развертки в ждущем режиме

Режим синхронизации может быть *внутренним* и *внешним*. При работе осциллографа в режиме внутренней синхронизации из канала вертикального отклонения снимается часть усиленного сигнала и подается на вход схемы синхронизации. Формирование запускающих импульсов происходит в момент, когда напряжение на входе блока синхронизации достигает определенной величины. Эта величина выбирается регулятором «уровень синхронизации». Полярность синхронизации определяет, какой участок синхронизирующего сигнала используется при формировании импульсов запуска: положительный («+») или отрицательный («-»).

При этом может анализироваться абсолютный уровень сигнала, т.е. обе его составляющие – переменная и постоянная (« \cong » – открытый вход), или только амплитуда его переменной составляющей (« \sim » – закрытый вход).

При работе в режиме внешней синхронизации сигнал, управляющий запуском генератора развертки, подается извне. Использование внешней развертки позволяет исследовать входной сигнал при различных законах изменения горизонтальной развертки.

1.4. Калибратор

При проведении измерений амплитудных и временных характеристик сигналов необходима калибровка масштабов по осям X и Y . Для этого в осциллографах имеется источник импульсных сигналов с известной амплитудой и длительностью, называемый калибратором. С выхода калибратора на вход Y подается напряжение, после чего проверяется соответствие амплитудных и временных параметров калибровочного сигнала положению переключателей чувствительности осциллографа по осям X и Y . В случае несоответствия необходимо ввести коррекцию коэффициента усиления специальным сопротивлением соответственно для оси X и для оси Y .

1.5. Погрешности

В любом осциллографе погрешности измерений складываются из нескольких источников: погрешности калибровки, нелинейной зависимости отклонения луча по вертикали от входного напряжения, зависимости коэффициента усиления от частоты, погрешности входного усилителя, нелинейности развертки во времени, шумов, конечной толщины луча и т.д.

1.6. Цифровые осциллографы

Цифровой осциллограф использует абсолютно другой принцип работы. Входной сигнал в размере выбранного кадра, пройдя все входные усилители и аттенюаторы, поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), где преобразуется в цифровую форму и поступает во внутреннюю память для дальнейшей обработки (привязка к развертке, вывод на экран, измерение параметров и т. д.), время этой обработки достаточно велико по сравнению со временем кадра, задержка при выводе на экран получается достаточно большая, часть информации об изменении сигнала между кадрами теряется. Это один из главных недостатков всех цифровых осциллографов. Основной способ борьбы с этим недостатком – использование памяти большего объема, чтобы увеличить размер «кадра».

К достоинствам цифровых осциллографов относят легкость сопряжения с вычислительной техникой, возможность запоминания фрагментов сигнала, различные виды автоматических измерений (обработка сигнала, спектральный анализ, различные преобразования и т.д.).

Основным параметром любого осциллографа является полоса пропускания – частота, при которой амплитуда входного сигнала, поддерживаемая стабильной по уровню, уменьшится на экране осциллографа на 3 дБ (или до уровня 0,7 от начальной амплитуды). Другой немаловажный параметр – разрядность АЦП. Чаще всего в цифровых осциллографах используются восьмиразрядные АЦП (256 отсчетов по амплитуде), что вполне достаточно для исследования сигнала.

2. Методика выполнения работы

2.1. Подготовка осциллографа к проведению измерений

Проверить наличие заземления осциллографа и включить вилку питания осциллографа в сеть.

Включить осциллограф и дать ему прогреться 5 – 10 мин.

Если луч на экране отсутствует, следует увеличить яркость, перевести генератор развертки в автоматический режим и одновременным перемещением луча по вертикали и горизонтали вывести его на середину экрана.

2.2. Измерение амплитуды и частоты гармонического сигнала

Подать на вход осциллографа синусоидальный сигнал от генератора низких частот (ГНЧ). Получить устойчивое изображение синусоиды и измерить по осциллограмме амплитуду сигнала и его частоту.

Зарисовать полученные осциллограммы. На полученном графике соблюсти масштаб и указать измеряемые величины сигнала.

Не изменяя параметров сигнала, выдаваемого с ГНЧ, подключить к его выходу вольтметр МВ и измерить амплитуду сигнала, далее подключить к выходу ГНЧ частотомер ЧМ и измерить частоту сигнала.

Сравнить полученные значения с показаниями осциллографа и сделать выводы.

Следует иметь в виду, что размах синусоидального сигнала на экране осциллографа соответствует удвоенному значению амплитуды напряжения, а вольтметр показывает эффективную величину этого напряжения $U = U_0 / \sqrt{2}$.

2.3. Измерение импульсных сигналов

Подать на вход осциллографа прямоугольный импульс частоты величиной 1 КГц от генератора ГПИ. Получить на экране осциллографа устойчивое изображение импульса в ждущем режиме работы генератора развертки. Запуск развертки осуществлять как от самого сигнала (внутренний запуск), так и от синхроимпульса генератора (внешний запуск). Зарисовать осциллограммы. На полученном графике соблюсти масштаб и указать измеряемые величины сигнала.

Измерить длительность заднего фронта сигнала, амплитуду сигнала, его частоту, период, определить скважность импульсов. Полученные результаты отразить в отчете.

2.4. Измерение постоянных во времени сигналов

Подключить осциллограф к выходу стенда ГН1. Произвести измерение постоянного напряжения, выдаваемого с генератора для двух случаев: для положительной и для отрицательной величин напряжения. Полученные результаты отразить в отчете.

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Структурная схема осциллографа.
3. Краткое описание работы осциллографа.
4. Результаты измерений, графики зарисованных осциллограмм.
5. Выводы о работе.

4. Контрольные вопросы

1. Объясните назначение осциллографа.
2. Опишите устройство электронного осциллографа.
3. Какие параметры и величины сигналов можно измерять с помощью электронного осциллографа?
4. Основные параметры и характеристики осциллографа.
5. Что такое цифровой осциллограф?
6. Преимущества и недостатки цифрового осциллографа по сравнению с электронным осциллографом.
7. Назовите основные параметры импульсных сигналов.
8. Какие виды импульсных сигналов вы знаете?
9. Опишите ваши действия с осциллографом при измерении импульсных сигналов с его помощью.
10. Можно ли с помощью осциллографа измерить частоту сигнала?
11. Что такое ждущий режим работы и непрерывный режим работы осциллографа?

Лабораторная работа № 2
ОСНОВНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПРОСТЕЙШИЕ
КОМБИНАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Цель работы: исследовать основные логические элементы и комбинационные устройства, выполненные на базе этих элементов, составить таблицы истинности исследуемых устройств.

Оборудование: стенд универсальный ОАВТ, плата 1, карты I-1... I-9.

1. Общие сведения

1.1. Основы булевой алгебры

Булева алгебра разработана в середине XIX в. ирландским математиком Дж. Булем. Булева алгебра (алгебра логики) – раздел математики, изучающий закономерности и взаимосвязи между простыми высказываниями, образующими сложные высказывания. Какую информацию несет то или иное высказывание, булеву алгебру не интересует. Важно лишь то, что высказывание может быть либо ложным, либо истинным, т.е. принимать только два значения. На основе простых высказываний можно построить сложные, истинность которых связана с истинностью или ложностью простых. Эта взаимосвязь описывается булевыми функциями $Y = F(X_1, X_2 \dots X_n)$.

Сложные высказывания также, в свою очередь, могут быть истинными и ложными, поэтому булевы функции могут иметь только два значения. Если истинности приписать значение 1, а ложности – 0, то и все аргументы в булевой алгебре будут принимать только два значения: 0 и 1.

Над переменными в булевой алгебре можно производить только три действия: дизъюнкцию (логическое сложение); конъюнкцию (логическое умножение); инверсию (логическое отрицание).

Логическое сложение (дизъюнкция, операция ИЛИ) – обозначается символом «+» или « \vee » (от vel (лат.) – или):

$$0 + 0 = 0, \quad 0 + 1 = 1, \quad 1 + 0 = 1, \quad 1 + 1 \dots + 1 = 1.$$

Событие истинно, если истинен хотя бы один из аргументов или все аргументы истинны одновременно.

Логическое умножение (конъюнкция, операция И) – обозначается точкой или символом «&»:

$$0 \cdot 0 = 0, \quad 0 \cdot 1 = 0, \quad 1 \cdot 0 = 0, \quad 1 \cdot 1 \dots \cdot 1 = 1.$$

Событие истинно, если истинны все аргументы одновременно.

Логическое отрицание (инверсия, операция НЕ) – обозначается чертой над аргументом:

$$\overline{0} = 1, \quad \overline{1} = 0, \quad \overline{\overline{0}} = 0, \quad \overline{\overline{1}} = 1.$$

Инверсия логической суммы двух событий называется стрелкой Пирса: $F = \overline{X + Y} - F = X \downarrow Y$ (ИЛИ-НЕ).

Инверсия логического произведения называется штрихом Шеффера: $F = \overline{X \cdot Y} - F = X / Y$ (И-НЕ).

В алгебре логики используются свои законы и аксиомы. Некоторые из основных законов алгебры логики (переменная a может принимать значения 0 или 1):

$$\begin{array}{ll} a + 0 = a; & a \cdot 0 = 0; \\ a + 1 = 1; & a \cdot 1 = a; \\ a + a + \dots + a = a; & a \cdot a \cdot \dots \cdot a = a; \\ a + \overline{a} = 1; & a \cdot \overline{a} = 0; \end{array} \quad \overline{\overline{a}} = a.$$

1.2. Логические элементы

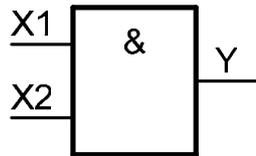
Логические элементы – устройства, с помощью которых реализуются логические функции. Их используют для построения сложных преобразователей цифровых сигналов.

Логические элементы относятся к комбинационным логическим устройствам (без внутренней памяти). Выходные сигналы в них не зависят от предыстории и однозначно определены входными сигналами в данный момент времени. Другой разновидностью являются последовательные логические устройства – выходной сигнал зависит от входного сигнала в данный момент времени и выходных сигналов и памяти в предыдущие моменты времени.

Различают шесть основных типов логических элементов (по основным логическим операциям).

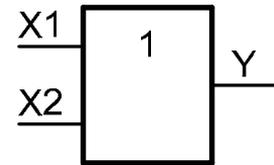
Элемент «И»

X1	X2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



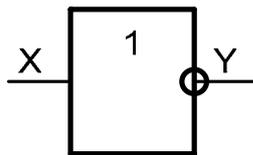
Элемент «ИЛИ»

X1	X2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



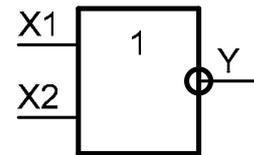
Элемент «НЕ»

X	Y
0	1
1	0



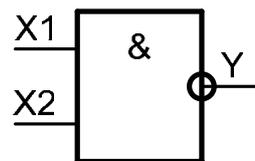
Элемент «ИЛИ-НЕ» (стр. Пирса)

X1	X2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



Элемент «И-НЕ» (штр. Шеффера)

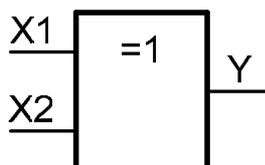
X1	X2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



В качестве самостоятельного функционального узла также рассматривается логический элемент «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ», или сумматор по модулю 2.

Элемент «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ»
(сумматор по модулю 2)

X1	X2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Два различных состояния выходных параметров логического элемента могут быть представлены:

- а) двумя уровнями выходного напряжения;
- б) появлением или отсутствием выходных импульсов в определенные промежутки времени.

Первый способ – потенциальный способ задания логических элементов; второй способ – импульсный.

Потенциальный способ наиболее распространен. При нем различают отрицательную и положительную логику.

Положительная логика – высокий уровень выходного напряжения принимают за логическую единицу, низкий уровень – за логический нуль.

Отрицательная логика – высокий уровень принимают за «0», низкий уровень – за «1».

1.2. Условно-графические обозначения логических элементов и таблицы истинности

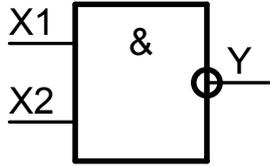
Согласно Единой системе конструкторской документации (ЕСКД) логический элемент обозначается прямоугольником, внутри которого указывается символ, характеризующий выполняемую функцию: «&» – И, «1» – ИЛИ. Инверсия по входу (выходу) функционального элемента обозначается кружком на входе (выходе) прямоугольника.

Карта I-1

Элемент «И-НЕ»

для положительной логики

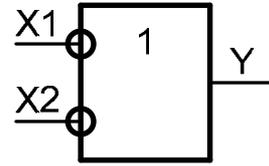
X1	X2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Элемент «ИЛИ-НЕ»

для отрицательной логики

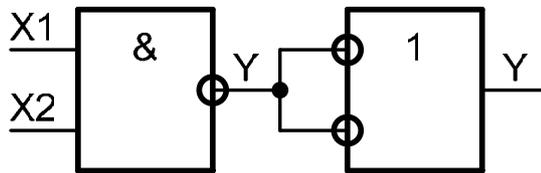
X1	X2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



Карта I-2

Элемент «И»

X1	X2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

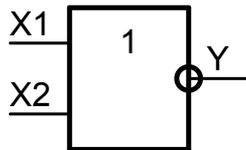


Карта I-3

Элемент «ИЛИ-НЕ»

для положительной логики

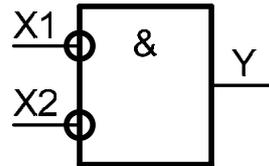
X1	X2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



Элемент «И-НЕ»

для отрицательной логики

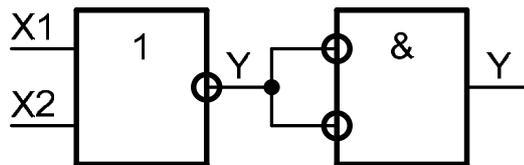
X1	X2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Карта I-4

Элемент «ИЛИ»

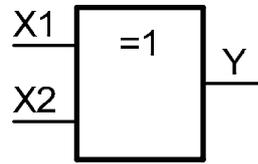
X1	X2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Карта I-5

Элемент «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ»
(сумматор по модулю 2)

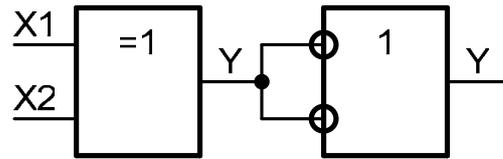
X1	X2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Карта I-6

Элемент «Неравнозначность»
(ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ)

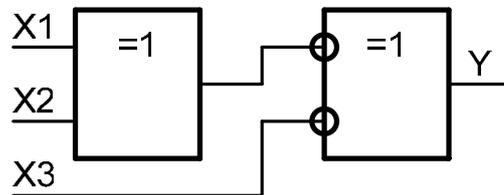
X1	X2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Карта I-7

Трехразрядное устройство проверки
на четность

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
1	0	0	1
1	1	0	0
1	1	1	1
0	1	1	0
0	0	1	1
1	0	1	0
0	1	0	1

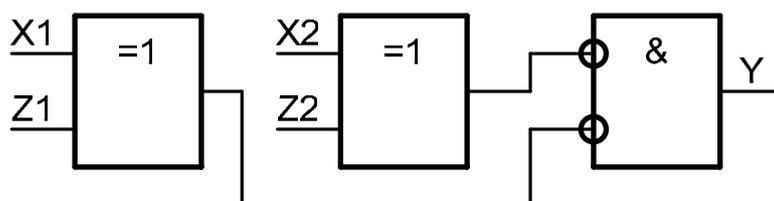


Карта I-8

Устройство сравнения двух двухразрядных чисел

X1	X2	Z1	Z2	Y
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0

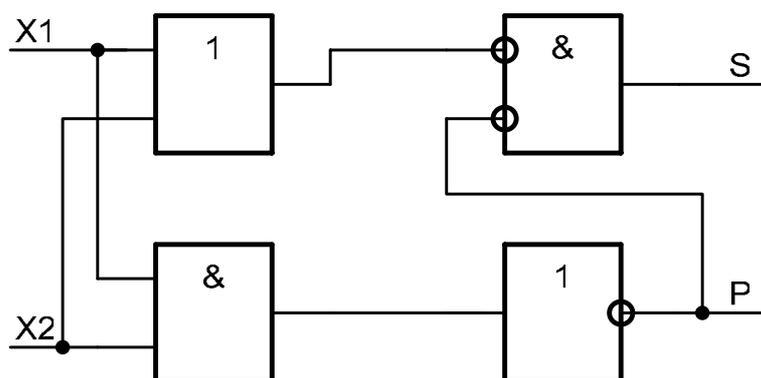
X1	X2	Z1	Z2	Y
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1



Карта I-9

Двоичный одноразрядный сумматор

X1	X2	S	P
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



1.4. Параметры интегральных микросхем

Параметры некоторых типов интегральных микросхем приведены в табл. 1.

Таблица 1

Логическая ИС (серия)	Напряжение логических уровней, В		Быстродействие $t_{ср}$, нс	Потребляемая мощность $P_{ср}$, мВт	Помехоустойчивость $U_{ст}$, В
	«0»	«1»			
ТТЛ (К155) (К555) (КР1533) (КР531)	0,4	2,4	20	10	0,4...1,1
18			2		
14			1,2		
5			19		
КМОП (К176) (564)	0,3 2,3	8,2 7,2	1...100	0,03 0,06	2...3
ЭСЛ (100, 500)	-1	-1,6	1...10	20...80	0,1...0,3

Микросхемы ЭСЛ, потребляющие большую мощность, характеризуются наибольшим быстродействием и применяются при создании вычислительных устройств с высокой скоростью обработки информации.

Микросхемы КМОП отличаются незначительной потребляемой мощностью в статическом режиме, высоким быстродействием и большой помехоустойчивостью, поэтому нашли широкое применение в различного рода портативной аппаратуре.

2. Методика выполнения работы

Логические элементы и устройства, находящиеся на плате 1, исследуются при подаче на их входы логических сигналов («0» или «1») от тумблеров SA1... SA5 (вверху – «1», внизу – «0»). Выходной сигнал – индикаторы HL1... HL9 (диод светится – «1», не светится – «0»).

Карта I-1. SA1, SA2, HL5, индикатор HL3. Реализуется функция «И-НЕ»: $Y = \overline{X1 \cdot X2}$.

Карта I-2. SA1, SA2, HL5. Функция «И»: $Y = X1 \cdot X2$.

Карта I-3. SA1, SA2, HL2. Функция «ИЛИ-НЕ».

Карта I-4. SA1, SA2, HL4. Функция «ИЛИ».

Карта I-5. SA1, SA2, HL6. Функция «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ» (сумматор по модулю 2).

Карта I-6. $SA1, SA2, HL7$. Функция «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ» (неравнозначность).

Карта I-7. $SA1, SA2, SA3, HL9$. Трехразрядное устройство проверки на четность.

Карта I-8. $SA1, SA2, SA4, SA5, HL1$. Устройство сравнения двух двухразрядных чисел $X1(SA1)X2(SA4)$ и $Z1(SA2)Z2(SA5)$. При выполнении условия $X1X2 = Z1Z2$ на выходе – «1» ($HL1$ светится).

Карта I-9. $SA1, SA2, HL8, HL5$. Одноразрядный сумматор. Выходы: суммы $S - HL8$, переноса $P - HL5$.

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Условные графические обозначения и схемы исследуемых элементов и устройств.
3. Таблицы истинности исследуемых устройств.
4. Выводы о работе.

4. Контрольные вопросы

1. Назовите основные соотношения булевой алгебры.
2. Что такое таблица истинности?
3. Чем отличается прямой выход логического элемента от инверсного?
4. В чем разница между положительной и отрицательной логикой?
5. Укажите достоинства и недостатки различных серий логических микросхем.

Лабораторная работа № 3

ТРИГГЕРЫ *RS*-, *D*- и *T*-ТИПОВ

Цель работы: исследовать работу триггеров *RS*-, *D*- и *T*-типов на элементах ИЛИ-НЕ, И-НЕ.

Оборудование: стенд универсальный ОАВТ, плата 2, технологические карты П-1 – схема *RS*-триггера на элементах ИЛИ-НЕ, П-2 – схема *RS*-триггера на элементах И-НЕ, П-3 – схема *RS*-триггера в интегральном исполнении, П-4 – схема *D*-триггера, П-7 – схема *T*-триггера.

1. Общие сведения

Триггер представляет собой устройство с двумя устойчивыми состояниями, в которых он может находиться неограниченное время. Переключение триггера из одного состояния в другое происходит при поступлении управляющего сигнала.

Триггер может иметь несколько входов. Обозначения входов: *R* – отдельный вход обнуления; *S* – отдельный вход установки в единичное состояние; *C* – синхронизирующий (тактовый) вход; *D* – информационный вход; *T* – счетный вход. Триггер имеет прямой (Q) и инверсный (\bar{Q}) выходы. Активным сигналом триггера может быть сигнал как высокого («1»), так и низкого («0») логического уровня.

Основные типы триггеров

Схема *RS*-триггера на элементах ИЛИ-НЕ представлена на рис. 6. Для этого триггера активным уровнем является «1». Запись информации производится подачей на входы *S* и *R* соответствующих сигналов. Для перевода триггера в единичное состояние, т.е. $Q = 1$, на входы триггера необходимо подать сигналы $S = 1, R = 0$, а для перевода триггера в нулевое состояние (стирание из него информации, сброс в нуль) – $S = 0, R = 1$. Если

сделать сигнал на входе $S = 1$, то состояние триггера не изменится, т. к. при $R = 1$ независимо от значения входа S , $Q = 0$. Если же на входах $R = 1$, $S = 1$, то данное состояние является запрещенным и на выходах Q и \bar{Q} имеет место неопределенное состояние.

RS -триггер на элементах И-НЕ (рис. 7) работает в инверсных кодах, т.е. активным входным уровнем является логический «0». Запрещенное состояние $R = 0$, $S = 0$.

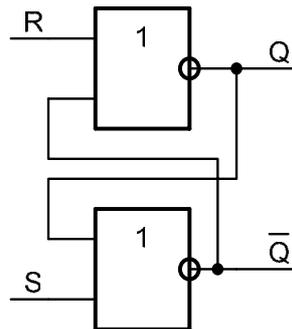


Рис. 6. RS -триггер на элементах ИЛИ-НЕ

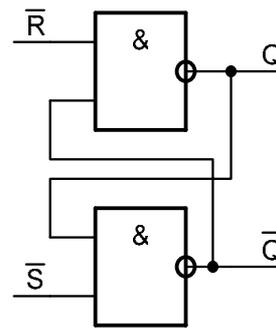


Рис. 7. RS -триггер на элементах И-НЕ

D -триггер представлен на рис. 8. Вход C – тактовый вход. Сигнал на выходе схемы станет равным значению сигнала на входе D только после прихода тактирующего сигнала C .

Триггером T -типа называют логическое устройство с двумя устойчивыми состояниями и одним входом T , которое остается в исходном состоянии при $T = 0$ и инвертирует свое исходное состояние при $T = 1$.

Наибольшее распространение получили тактируемый D -триггер, RS -триггер с двумя установочными входами и счетный T -триггер.

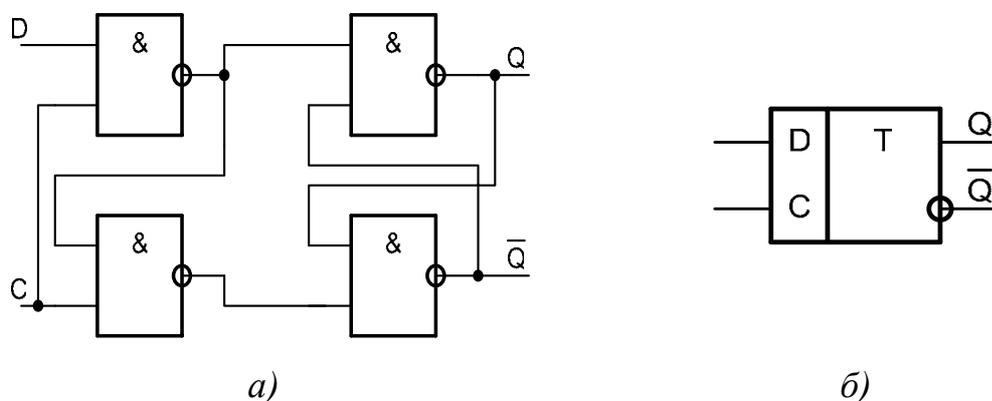


Рис. 8. D -триггер: а – на элементах И-НЕ; б – в интегральном исполнении

2. Методика выполнения работы

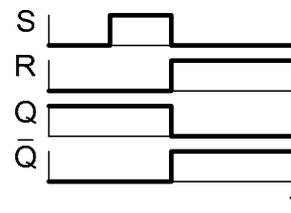
2.1. Исследование работы RS-триггера

RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ

Используется карта П-1. Управляющие сигналы подаются с кнопок *SB2* – вход *R* и *SB3* – вход *S*. Уровни входных сигналов индицируются светодиодами *HL1* и *HL2*, уровни выходных сигналов – *HL3* (выход *Q*) и *HL4* (выход \bar{Q}). Уровень логической «1» соответствует горящему светодиоду *HL*, логического «0» – погасшему.

Составьте таблицу изменений состояний в зависимости от входных сигналов и нарисуйте временные диаграммы, иллюстрирующие работу триггера.

R	S	Q	\bar{Q}
0	0		
0	1		
1	0		
1	1	запрещенное состояние	

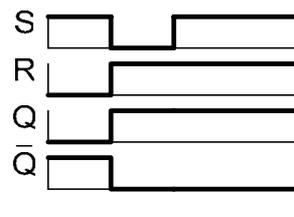


RS-триггер на элементах И-НЕ

Используется карта П-2. Активный входной уровень – логический «0». Управляющие сигналы подаются с кнопок *SB2* – сигнал *S* (уровень входного сигнала индицируется в инверсном коде на светодиоде *HL1*), *SB3* – сигнал *R* (уровень сигнала определяют по светодиоду *HL2*). Триггер выполнен на элементах транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Основу ТТЛ составляют многовходовые логические элементы со сложным инвертором, в выходном каскаде используется составной транзистор. Поэтому логический «0» соответствует напряжению не более 0,4 В, а логическая «1» не менее 2,4 В.

Выходные сигналы: *Q* – светодиод *HL3*, \bar{Q} – светодиод *HL4*. Составьте таблицу изменений состояний в зависимости от входных сигналов и нарисуйте временные диаграммы, иллюстрирующие работу триггера.

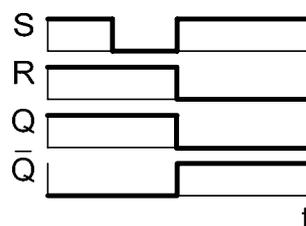
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	запрещенное состояние	
0	1		
1	0		
1	1		



RS-триггер в интегральном исполнении

Используется карта П-3. Схема аналогична предыдущей. Составьте таблицу изменений состояний в зависимости от входных сигналов и нарисуйте временные диаграммы.

R	S	Q	\bar{Q}
1	1		
1	0		
0	1		
0	0	запрещенное состояние	

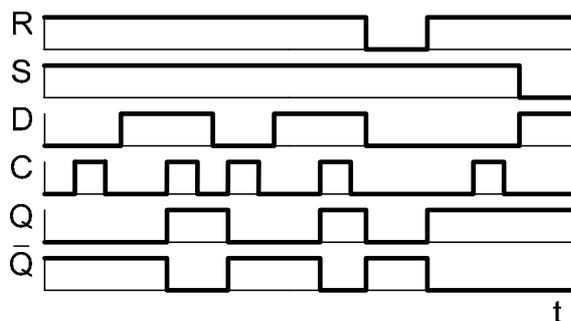


2.2. Исследование работы D-триггера

Используется карта П-4. Уровень сигнала на *D*-входе определяется по положению тумблера *SA1*. Разомкнутое состояние соответствует логической «1», а замкнутое – логическому «0». Тактирующие импульсы подаются с помощью кнопки *SB1*. Выходные уровни определяются по индикаторам *HL1* (инверсный выход) и *HL2* (прямой выход).

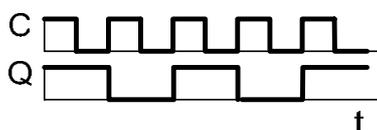
Составьте таблицу изменений состояний в зависимости от входных сигналов. Нарисуйте временные диаграммы напряжений на выходе по известным сигналам на входах *D* и *C*. Проведите эксперимент, подтверждающий, что запись информации происходит по фронту синхроимпульса. Подключите осциллограф к выводам *X3* и *16* (общий) для наблюдения изменений уровня сигнала на осциллографе при поступлении синхроимпульса.

D	C	Q	\bar{Q}
1	1		
1	0		
0	1		
0	0		



2.3. Исследование работы T-триггера

Используется карта П-7. На плате 2 соедините перемычкой точки *Y1* и *X2*. Нарисуйте временные диаграммы работы *T*-триггера.



3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схемы и условные графические обозначения триггеров.
3. Результаты работы в виде таблиц и графиков.
4. Выводы о работе.

4. Контрольные вопросы

1. Объясните назначение R -, S -, D -, T -входов триггеров.
2. Объясните работу триггеров по сигналам высокого и низкого уровней.
3. Укажите область применения триггеров.
4. В чем различие между синхронным и асинхронным триггерами?
5. Поясните работу и составьте таблицу состояний триггера микросхемы K155TM2.

Лабораторная работа № 4
ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ
И УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕГИСТРЫ

Цель работы: ознакомиться с принципом действия параллельного, последовательного и универсального регистров.

Оборудование: стенд ОАВТ, осциллограф, платы 2 и 3, технологические карты II-5, II-6, III-1, III-2, III-3.

1. Общие сведения

Регистр – это линейка из нескольких триггеров, в которой в отличие от счетчиков-делителей нет внутренних запрещающих обратных связей. Регистры применяются для накопления и сдвига данных. В простейшем регистре триггеры соединены последовательно: выходы Q и \bar{Q} предыдущего триггера передают бит данных на входы последующего.

Все тактовые входы C триггеров соединены параллельно. При таком включении логическая «1», записанная в виде напряжения высокого уровня по входу 1-го триггера, после подачи одного тактового импульса перейдет во 2-й триггер, затем во время следующего тактового импульса она попадет в 3-й триггер и так до конца регистра.

Аналогично продвигается по регистру многоразрядное слово: оно поразрядно вводится на входы 1-го триггера. Простейший регистр имеет один вход и один выход – последовательные. Вход управления также единственный – тактовый.

Параллельный регистр выполняет функции записи и хранения параллельного кода. Для построения регистра используются D -триггеры. Параллельный код подается на входы регистра. Запись осуществляется при подаче синхронизирующего сигнала на вход C триггеров.

Обычно регистры применяются в качестве передаточных звеньев между запоминающими устройствами и другими узлами ЭВМ. С помощью регистров можно также осуществить преобразование последовательного кода числа в параллельный и наоборот. По способу приема и передачи информации регистры подразделяются на параллельные (параллельный ввод, параллельный вывод) и параллельно-последовательные (параллельный ввод, последовательный вывод или наоборот). Операция сдвига заключается в перемещении всех цифр в направлении от старших разрядов к младшим (правый сдвиг) или от младших к старшим (левый сдвиг). Помимо однонаправленных регистров, т. е. регистров с левым или правым сдвигом, существуют двунаправленные, или универсальные, регистры.

Микросхема K155ИР1 представляет собой четырехразрядный универсальный сдвиговый регистр (рис. 9). Сдвиговые регистры выполняют функцию преобразования параллельного кода в последовательный и наоборот. По управляющему входу P осуществляется последовательный ввод информации в первый разряд регистра в режиме сдвига. По входу V выбирается режим работы: сдвиг данных или параллельные входы $D1 - D4$. С выходов $Q1 - Q4$ получают код в параллельном виде.

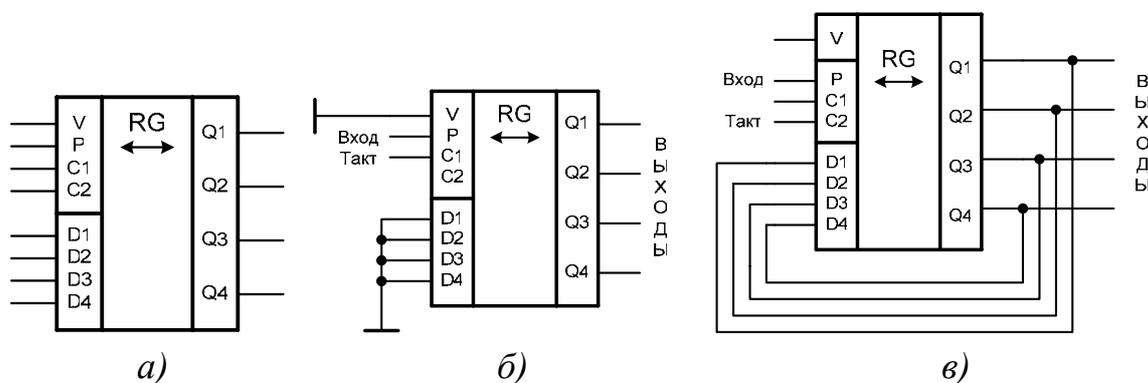


Рис. 9. Микросхемы K155ИР1: а – универсальный сдвиговый регистр; б – схема последовательного ввода информации; в – схема реверсивного включения

Регистр работает в режиме сдвига, если на входе V присутствует уровень «0», и в режиме записи кода, если на входе V – уровень «1». Для работы регистра в этих режимах импульсы синхронизации подаются на входы $C1$ и $C2$ соответственно. При подаче импульсов синхронизации на вход $C1$ происходит сдвиг информации; при подаче импульса на вход $C2$ в разряды регистра записывается код, поданный в этот момент на входы $D1 - D4$. Запись в регистр идет без предварительного обнуления. При ра-

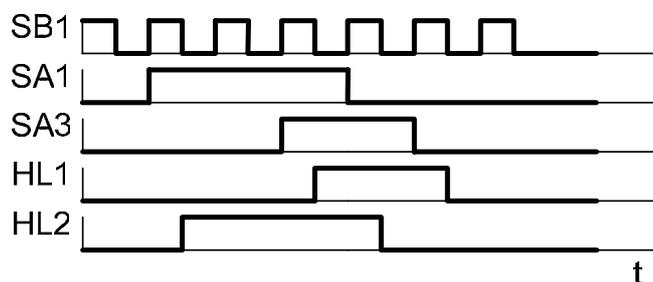
боте в других режимах, т.е. при наличии на входе сигнала «1», неиспользуемые входы оставляют неподключенными или соединяют с общим проводом. В нескольких регистрах, включенных последовательно, входы $C1$, $C2$ и V запаараллеливаются, выход $Q4$ первого регистра соединяют со входом P второго и т. д.

На рис. 9, б приведена схема для последовательного ввода информации. Если соединить выход $Q4$ со входом $D4$, выход $Q3$ со входом $D3$ и т. д., то получится реверсивный регистр (рис. 9, в). Подачей сигнала «1» на вход V информацию, записанную в регистр, сдвигают влево по каждому тактовому импульсу путем записи по параллельным входам со смещением на один разряд. Подачей на вход V сигнала «0» информацию сдвигают вправо по каждому тактовому импульсу. В реверсивном режиме входы $C1$ и $C2$ объединяются. В этом режиме информация может быть записана только последовательно.

2. Методика выполнения работы

2.1. Исследование двухразрядного параллельного регистра

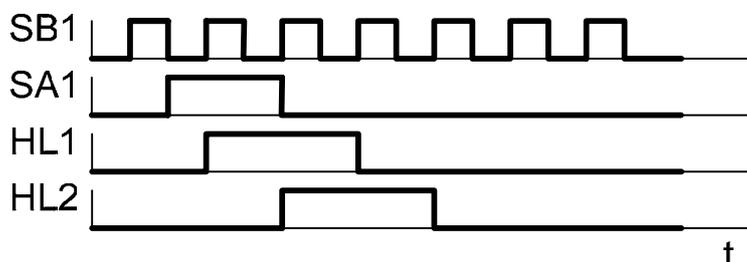
Используются плата 2 и карта П-5. Установить перемычку, замыкающую штырьки $X1$ и $X2$. Переключатели $SA1$, $SA3$ и $SA5$ должны находиться в нижнем положении, соответствующем логическому нулю («0»). $SB1$ в нажатом состоянии – «0», в отжатом – «1». Если $HL1$, $HL2$ светятся, то это соответствует логической «1», если не светятся – логическому «0». Составить диаграмму состояний при подаче сигнала на 1-й и 2-й триггеры регистра.



2.2. Исследование двухразрядного последовательного регистра

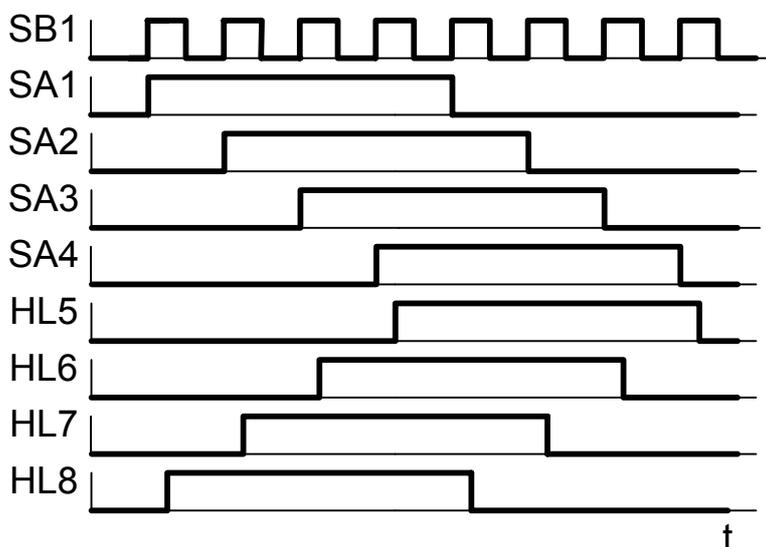
Используются плата 2 и карта П-6. Перемычку $X1 - X2$ оставить. Переключатель $SA5$ перевести в верхнее положение, $SA1$ – в нижнее. Верхнее

положение $SA1$ соответствует «1», нижнее – «0». $SB1$ в отжатом состоянии – логическая единица, в нажатом – «0». Если $HL1$, $HL2$ горят – «1», не горят – «0». Нарисовать диаграмму состояний при подаче сигнала на триггеры с помощью ключа $SB1$.



2.3. Исследование четырехразрядного параллельного регистра

Используются плата 3 и карта III-2. X и Y – разомкнуты. Переключатель $SA5$ перевести в верхнее положение («1»). Входная информация индицируется светодиодами $HL1 - HL4$, а подается тумблерами $SA1 - SA4$. Замкнутое положение соответствует «0», разомкнутое – «1» (горит соответствующий светодиод). Выходная информация индицируется светодиодами $HL5 - HL8$. Синхроимпульс подается кнопкой $SB1$, нижнее положение которой соответствует «0», верхнее – «1». Нарисовать диаграмму состояний.



Научиться записывать числа в двоичной системе. Записать на входе числа соответственно «8» (1000) и «9» (1001). Получить эти числа на выходе.

2.4. Исследование четырехразрядного последовательного регистра

Используются плата 3 и карта III-1. Тумблер *SA5* установить в положение «0». Входная информация подается кнопками *SB1* и *SB2* при разомкнутой переключке. Нажатая кнопка *SB1* соответствует логической «1», причем введение числа в двоичном коде следует начинать со старшего разряда. Нуль записывается нажатием кнопки *SB1* при уже нажатой кнопке *SB2*. Ввести числа «3» и «5» последовательно в двоичном коде. Для исследования кольцевого регистра записать какое-либо число, замкнуть переключку между штырьками *X* и *Y* на плате и многократным нажатием кнопки *SB1* проследить действие кольцевого счетчика. Нарисовать диаграммы состояний.

2.5. Исследование универсального сдвигового регистра

Используются плата 3 и карта III-3. Переключка *X*, *Y* должна быть разомкнута. Ключ *SA5* находится в нижнем положении.

Параллельный регистр индицируется диодами *HL2* – *HL5*. Сигнал логических «0» или «1» подается тумблерами *SA1* – *SA4*. Последовательный регистр индицируется диодами *HL6* – *HL9*. Сигнал подается кнопками *SB1*, *SB2* аналогично п. 2.4. Внимание: работу сумматора и дешифратора не исследовать!

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Условные графические обозначения регистров, схемы исследуемых в работе устройств.
3. Результаты работы в виде таблиц и диаграмм.
4. Выводы о работе.

4. Контрольные вопросы

1. Какие виды регистров вы знаете?
2. Перечислите основные параметры регистров.
3. Перечислите назначения выходов микросхемы K155IP1.
4. Нарисуйте схему восьмиразрядного регистра, составленную из регистров, которые применяются в данной работе.
5. Как можно использовать сдвигающий регистр в качестве распределителя импульсов? (Сигнал «1» должен появляться поочередно на каждом выходе).

Лабораторная работа № 5

ОСНОВНЫЕ КОМБИНАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА: ДЕШИФРАТОР, ДЕМУЛЬТИПЛЕКСОР, МУЛЬТИПЛЕКСОР И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КОДОВ НА ПЗУ

Цель работы: исследовать основные комбинационные устройства (дешифратор, демультиплексор, мультиплексор и преобразователь кодов на ПЗУ).

Оборудование: стенд универсальный ОАВТ, плата 4 и набор карт IV-1, IV-2, IV-3.

1. Общие сведения

Дешифратор – устройство, предназначенное для различения кодовых комбинаций или «слов». Дешифраторы – это микросхемы средней степени интеграции, предназначенные для преобразования двоичного кода в напряжение логического уровня «0» или «1», появляющееся на выходе, десятичный номер которого соответствует входному двоичному коду. Например, входной код 0101 должен сделать активным выход 5. На всех остальных выходах дешифратора сигнал будет нулевым. Дешифраторы различаются по емкости (2, 3, 4 бита), по числу каналов (1 или 2), а также форматом входного кода (двоичный или двоично-десятичный).

В работе использована микросхема К155ИД4 (рис. 10). Она содержит два дешифратора, принимающих двухразрядный код адреса (входы $A1$ и $A2$). Один дешифратор имеет прямой $C1$ и инверсный $D1$ входы разрешения. Второй – только инверсные входы $C2$ и $D2$. В работе микросхема используется как дешифратор трехразрядного кода (1-2-4) на восемь выходов с входом стробирования V и как демультиплексор от одного входа на восемь выходов.

Мультиплексор (МП) – устройство, предназначенное для последовательного опроса логических состояний многих устройств и передачи информации на один выход. МП – это цифровые многопозиционные переключатели, по-другому – коммутаторы. У МП могут быть, например, 16

входов и один выход – это означает, что если к этим 16 входам присоединены 16 источников цифровых сигналов (генераторов последовательных цифровых слов), то байты от любого из генераторов могут передаваться в единственный выходной провод. Выбор нужного входа осуществляется путем подачи на четыре входа селекции (т.е. выбора номера канала, напомним $2^4 = 16$) двоичного кода адреса. МП способны выбирать, селективировать определенный канал, поэтому их иногда называют селекторами. МП различаются по числу входов, по способам адресации, наличием входов разрешения и инверсных входов. Микросхема К155КП5 – селектор-мультиплексор, позволяющий коммутировать данные от восьми входов на общую выходную линию. Он имеет три адресных входа, активный уровень которых высокий (рис. 11).

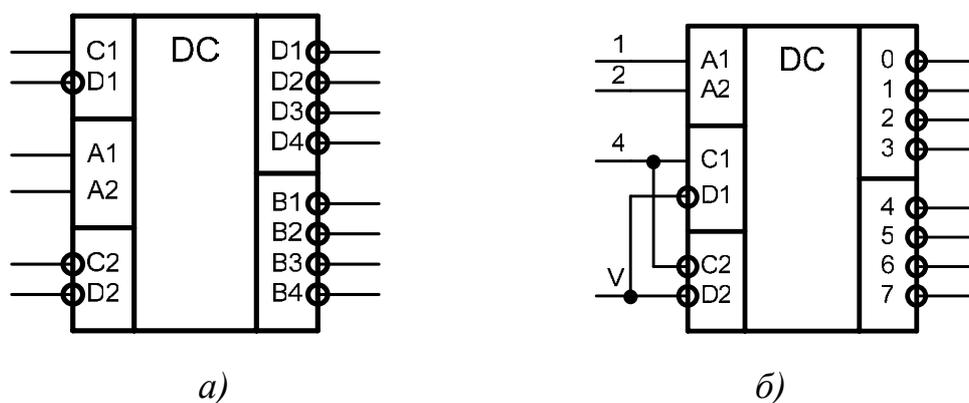


Рис. 10. Микросхема К155ИД4: а – с двумя дешифраторами на четыре разряда; б – с одним дешифратором на восемь разрядов

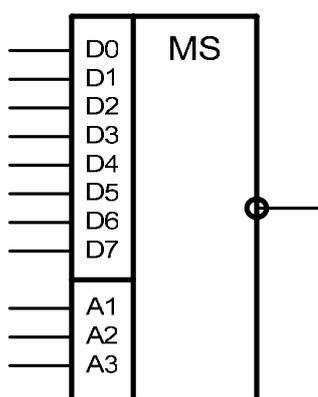


Рис. 11. Мультиплексор К155КП5

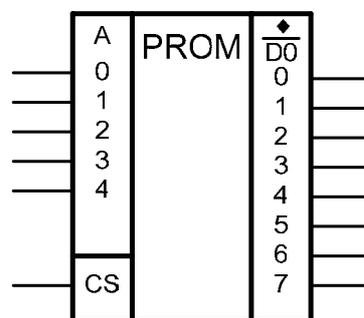


Рис. 12. ПЗУ К155РЕ3

Преобразователь кодов на ПЗУ. Микросхема К155РЕЗ (рис. 12) представляет собой программируемое запоминающее устройство (ПЗУ) емкостью 256 бит, организованное в 32 восьмиразрядных слова и предназначенное для длительного хранения постоянной информации.

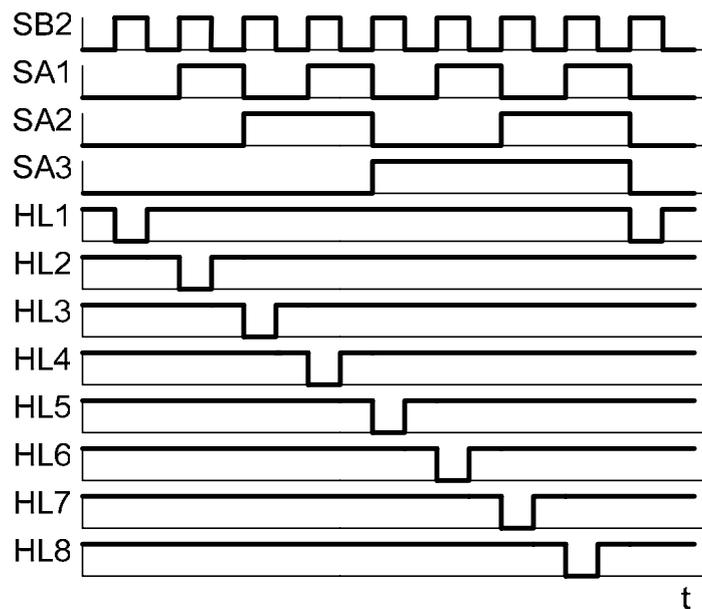
Это устройство может работать в режиме записи, хранения и считывания информации.

2. Методика выполнения работы

2.1. Исследование дешифратора-демультиплексора

Используются плата 4 и карта IV-1. Тумблерами SA1 – SA3 набрать код номера выхода. Нажать кнопку SB2. При этом светодиод, номер которого соответствует установленному номеру выхода, погаснет, т. к. при не нажатой кнопке SB2 (запрет) все светодиоды (HL1 – HL8), подключенные к выходам дешифратора, светятся. Составить таблицу состояний и нарисовать диаграмму напряжений на входе и выходе демультиплексора.

SA1	SA2	SA3	Вых
0	0	0	1
1	0	0	2
0	1	0	3
1	1	0	4
0	0	1	5
1	0	1	6
0	1	1	7
1	1	1	8



2.2. Исследование преобразователя кодов на ПЗУ

Используются плата 4 и карта IV-2. Подать сигнал, равный логическому нулю, при помощи переключателя *SA5* (нижнее положение) для индикации десятичных чисел. Переключая последовательно тумблеры *SA1* – *SA4*, добиться появления на семисегментном индикаторе чисел в десятичном коде.

Подать сигнал, равный логической «1», путем переключения тумблера *SA5* в верхнее положение. Переключая последовательно тумблеры *SA1* – *SA4*, добиться появления на семисегментном индикаторе чисел в шестнадцатеричном коде.

Составить таблицу прошивок ПЗУ (табл. 2).

Таблица 2

Адрес					Индикатор	Адрес					Индикатор
5	4	3	2	1	10-тичный	5	4	3	2	1	16-ричный
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	2	1	0	0	1	0	2
0	0	0	1	1	3	1	0	0	1	1	3
0	0	1	0	0	4	1	0	1	0	0	4
0	0	1	0	1	5	1	0	1	0	1	5
0	0	1	1	0	6	1	0	1	1	0	6
0	0	1	1	1	7	1	0	1	1	1	7
0	1	0	0	0	8	1	1	0	0	0	8
0	1	0	0	1	9	1	1	0	0	1	9
0	1	0	1	0	0,	1	1	0	1	0	A
0	1	0	1	1	1,	1	1	0	1	1	B
0	1	1	0	0	2,	1	1	1	0	0	C
0	1	1	0	1	3,	1	1	1	0	1	D
0	1	1	1	0	4,	1	1	1	1	0	E
0	1	1	1	1	5,	1	1	1	1	1	F

2.3. Исследование мультиплексора (МП)

Используются плата 4 и карта IV-3. Занести адрес, управляющий мультиплексором *MUX*, в регистр *RG* тумблерами *SA1* – *SA3*. Передать код адреса на мультиплексор нажатием кнопки *SB3*. На один из входов мультиплексора *MUX* подать информационный сигнал с того выхода дешифратора, адрес которого вновь набран на тумблерах *SA1* – *SA3*. При совпадении адресов *DC* и *MUX* загорится светодиод *HL1*.

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схемы исследуемых устройств, основные параметры исследуемых микросхем, их условные графические обозначения.
3. Результаты выполнения работы в виде таблиц и диаграмм.
4. Выводы по работе.

4. Контрольные вопросы

1. Покажите сходство и различие во внутренней структуре и логике работы дешифратора, демультимплектора, коммутатора.
2. Объясните принцип работы преобразователей кодов.
3. Дайте примеры применения комбинационных устройств.
4. Объясните принцип работы мультимплектора и дешифратора.

Лабораторная работа № 6

ЧЕТЫРЕХРАЗРЯДНЫЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ СУММАТОР

Цель работы: провести исследование четырехразрядного параллельного сумматора.

Оборудование: стенд универсальный ОАВТ, плата 3, технологическая карта Ш-3.

1. Общие сведения

Сумматоры – устройства, осуществляющие основную арифметическую операцию – суммирование чисел в двоичном коде. Например, $0 + 0 = 0$, $0 + 1 = 1$, $1 + 0 = 1$, $1 + 1 = 10$. В последнем случае выходное число 10 (в десятичной записи – 2) оказалось двоичным двухразрядным. Появившаяся в старшем разряде суммы единица называется единицей переноса. В данном случае используется полный сумматор двух четырехразрядных двоичных чисел на микросхеме типа К155ИМ3 (рис. 13).

Он содержит четыре одноразрядных сумматора, объединенных связями переноса. Назначение входов и выходов: $A1 - A4$ – входы первого числа; $B1 - B4$ – входы второго числа; $S1 - S4$ – выходы суммы; CR – вход переноса; CRP – выход переноса из четвертого разряда.

Для построения многоразрядного сумматора достаточно передать сигнал переноса от предыдущей микросхемы в последующие, при этом на вход переноса первой микросхемы надо подать уровень «0». Сумматор может выполнять операцию вычитания. Для этого к уменьшаемому прибавляют дополнительный код вычитаемого и к результату прибавляют «1».

В работе для временного хранения одного из слагаемых используется сдвиговый регистр на микросхеме К155ИР1.

Микросхема К155ИР1 – четырехразрядный сдвиговый регистр (рис. 14). Вход разрешения параллельной загрузки (PE) служит для выбора режима работы регистра. Если на вход PE подать напряжение высокого

уровня, то разрешается работа тактовому входу $C2$. В момент прихода на этот вход отрицательного перепада тактового импульса в регистр загружаются данные от параллельных входов $D1 - D4$. Если на вход PE подано напряжение низкого уровня, то разрешается последовательная загрузка данных по входу SI . Отрицательные фронты последовательности тактовых импульсов на входе $C1$ сдвигают данные от последовательного входа SI на выход $Q1$, затем на $Q2$, $Q3$, $Q4$, т.е. вправо. Регистр переводится в параллельный режим путем подачи на вход PE напряжения высокого уровня.

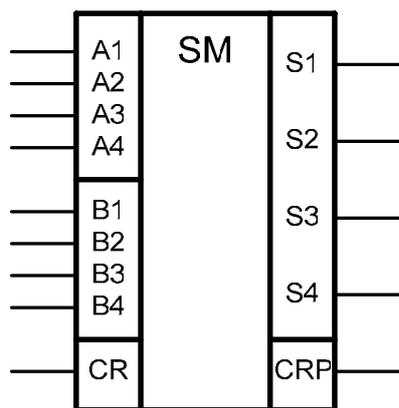


Рис. 13. Четырехразрядный сумматор K155ИМ3

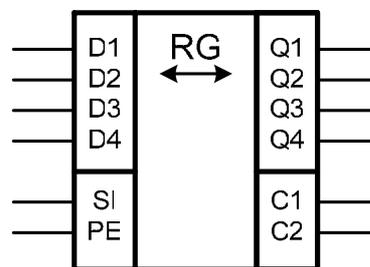


Рис. 14. Сдвиговый регистр K155ИР1

2. Методика выполнения работы

1. Провести исследование работы четырехразрядного параллельного сумматора. Используются плата 3 и карта III-3. Карта III-3 предназначена для исследования работы сумматора двух четырехразрядных двоичных чисел на ИМС типа K155ИМ3 ($D2$).

Для задания двух четырехразрядных слагаемых используются тумблеры $SA1 - SA4$ (слагаемое A) и регистр RG ($D1$) (слагаемое B). Ввод слагаемого B может осуществляться как в параллельном (с тумблеров $SA1 - SA4$), так и в последовательном (с кнопки $SB2$) режимах. Сигнал начального переноса $P0$ подается с кнопки $SB3$ через инвертор $D4.5$, имеющийся в основном блоке. Индикация входных операндов A и B осуществляется двумя двоичными четырехразрядными индикаторами $HL2 - HL5$ и $HL6 - HL9$. Сигнал переноса в старший (пятый) разряд P подается на индикатор $HL1$. Сумма в четырех первых разрядах сумматора дешифруется в блоке

индикации и высвечивается в виде шестнадцатеричного числа (шестнадцатеричная система счисления приведена в табл. 3) на индикаторе *HG1*.

Таблица 3

Система счисления

Десятичная	Двоичная	Шестнадцатеричная
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Пример. Произведем операцию суммирования двух чисел (слагаемых) в параллельном режиме: $2 + 3 = 5$ (табл. 4). Ввод слагаемых в *параллельном режиме* осуществляется с тумблеров *SA1 – SA4* и индицируется двоичным четырехразрядным индикатором *HL2 – HL5*. Набранное в двоичном коде первое слагаемое 0010, (т. е. 2) пересылается с входов *D1 – D4* (индикаторы *HL2 – HL5*) на выходы регистра *RG* (индикаторы *HL6 – HL3*) переключением тумблера *SA5* в положение «1» и подачей тактового импульса путем нажатия кнопки *SB1*. Затем тумблерами *SA1 – SA4* набирается второе слагаемое 0011 (т.е. 3). При этом сумма 5 в шестнадцатеричном коде высвечивается на семисегментном индикаторе *HG1*. Сигнал переноса индицируется *HL1*.

В *последовательном режиме* ввод второго слагаемого 0011 (т.е. 3) осуществляется с помощью кнопок *SB1* и *SB2*. Тумблер *SA5* должен при этом подавать на вход *PE* сигнал низкого логического уровня. Кнопка *SB1*

обеспечивает формирование тактового импульса, а кнопка *SB2* – формирование данных. Если кнопка *SB2* нажата и одновременно с ней нажата кнопка *SB1*, то вводится «0». Если кнопка *SB2* отжата и одновременно с ней нажата кнопка *SB1*, то вводится «1». Здесь первым вводится старший разряд числа.

Сброс информации происходит при переключении тумблеров *SA1* – *SA4* в положение «0», *SA5* – «1» и нажатии кнопки *SB1*.

Сумматор может выполнять операцию вычитания. Для этого к уменьшаемому прибавляют дополнительный код вычитаемого и к результату прибавляют «1».

Пример: $11 - 3 = 8$. Вычитаемое 3 переводим в инверсный код с прибавлением к последнему значению кода 1 (т. е. получим 1101) и прибавляем к уменьшаемому 1011 (т. е. 11). В результате на индикаторе высвечивается остаток 8 (1000).

2. В процессе исследования провести суммирование 4 – 5 пар четырехразрядных двоичных чисел (операндов). Формирование и промежуточное хранение операндов выполнять соответственно с помощью регистра *RG* и тумблеров *SA1* – *SA4*. Суммирование производить с учетом сигнала переноса (кнопка *SB3*). Результаты суммирования проверить при переводе значений операндов в десятичный код. Использовать параллельный и последовательный режимы ввода данных. Различные системы счисления приведены в табл. 3. Результаты сложения занести в табл. 4.

Просмотр состояний входов и выходов сумматора *SM* производить с помощью устройства цифровой индикации в режимах представления информации в двоичном и шестнадцатеричном кодах.

3. Провести вычитание 3 – 4 пар четырехразрядных операндов, используя перевод вычитаемого в дополнительный код. Результаты исследования проверить при переводе значений операндов в десятичный код. Использовать параллельный и последовательный режимы ввода. Результаты вычитания занести в табл. 4.

Таблица 4

Код	Операнд 1	Операнд 2	Действие	Результат
10-ный	2	3	+	5
2-ный	0010	0011	+	0101
16-ный	2	3	+	5

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Условные графические обозначения сумматора, схема исследуемого устройства.
3. Таблица результатов.
4. Выводы о работе.

4. Контрольные вопросы

1. Чем отличаются операции параллельного и последовательного суммирования?
2. Чем отличается полный сумматор от полусумматора?
3. Объясните, с какой целью применяется схема ускоренного переноса.
4. Составьте схему полного сумматора, используя полусумматоры.
5. Составьте схему сумматора параллельного действия с последовательным переносом для сложения двух трехразрядных двоичных чисел, используя полные сумматоры. Ответьте:
 - а) Каково максимальное время выполнения операции, если время задержки одного сумматора $t_{\text{зmax}} = 100$ нс?
 - б) Можно ли снимать информацию с суммирующего устройства в моменты времени $t < t_{\text{зmax}}$ после подачи входных сигналов?
 - в) Для каких целей может использоваться третий вход первого сумматора?
 - г) Как можно ускорить выполнение операции сложения?

Лабораторная работа № 7

СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ

Цель работы: изучить принцип действия суммирующих и реверсивных счетчиков.

Оборудование: стенд универсальный ОАВТ, платы 2, 3, 5, технологические карты П-7, Ш-1, V-1, V-2, V-3.

1. Общие сведения

Цифровым счетчиком называют функциональный узел, который осуществляет счет поступающих на его вход импульсов (счетных импульсов), формирует результат счета в заданном коде и при необходимости хранит его. Поэтому счетчик состоит из запоминающих ячеек-триггеров. Между собой ячейки счетчика соединяются таким образом, чтобы каждому числу импульсов соответствовали единичные состояния определенных ячеек. При этом совокупность единиц и нулей на выходах ячеек счетчика представляет собой N -разрядное двоичное число, которое однозначно определяет количество прошедших на входе импульсов. Ячейки счетчика называют его разрядами.

Для построения счетчиков обычно используют двухступенчатые триггеры. Каждый разряд счетчика (триггер) может находиться в двух состояниях («0»; «1»). Число устойчивых состояний, которое может принимать данный счетчик, называют его емкостью, модулем счета или коэффициентом пересчета. Если же с каждым входным импульсом зарегистрированное (записанное) в счетчике число увеличивается, то такой счетчик является суммирующим, если оно уменьшается – вычитающим. Счетчик, работающий как на сложение, так и на вычитание, называют реверсивным. Счетчик, у которого под воздействием входного импульса переключение соответствующих разрядов происходит последовательно друг за другом,

называют асинхронным, а когда переключение происходит одновременно (почти одновременно) – синхронным.

Для построения счетчиков необходимы двухступенчатые триггеры. Два наиболее характерных варианта построения счетчиков на T -триггерах показаны на рис. 15, 16.

Схема четырехразрядного счетчика с последовательным переносом представлена на рис. 15. Такой счетчик имеет один вход, на который поступают счетные импульсы. Четыре триггера соединены последовательно, так что каждый последующий разряд (триггер) срабатывает после того, как переключился предыдущий.

Счетчик может посчитать 16 импульсов по числу состояний 2^n , где n – число разрядов (триггеров) счетчика. Результат снимается в виде двоичного кода с выходов всех разрядов одновременно. Счетчики с последовательным переносом имеют невысокое быстродействие, что обусловлено последовательным по времени срабатыванием разрядов. Это их основной недостаток. Преимущество – простота построения.

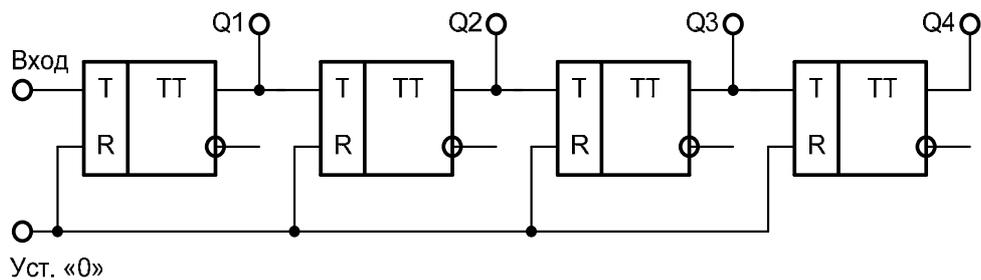


Рис. 15. Счетчик с последовательным переносом

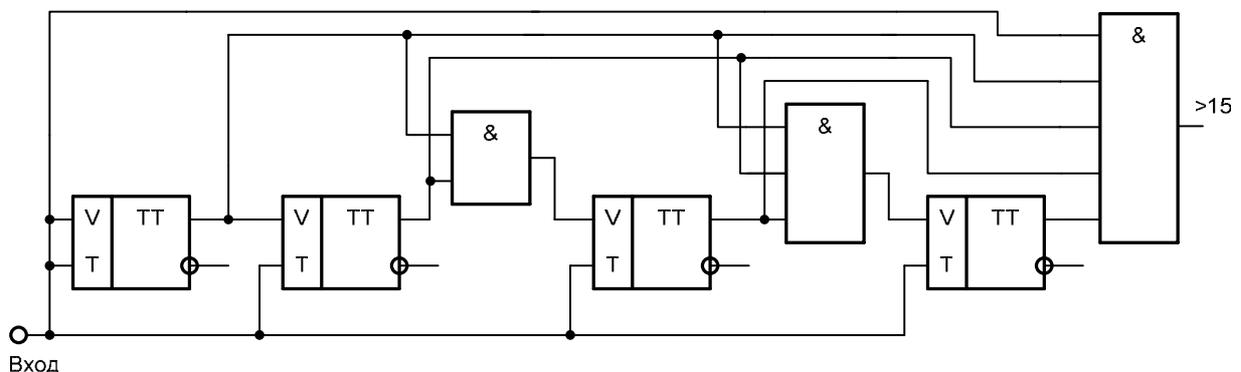


Рис. 16. Счетчик с параллельным переносом

Счетчики с параллельным переносом (см. рис. 16) имеют наибольшее быстродействие, так как в них реализована схема параллельного переноса. Смена состояний счетчика при поступлении на вход счетных импульсов та же, что и у предыдущего. Условие переключения определяет логический элемент «И», который на входе V данного разряда формирует разрешающий переключение сигнал, если предыдущие разряды имеют состояние «1».

Счетчики широко представлены в различных сериях интегральных схем, так как микросхема – это уже готовый счетчик на какое-то количество разрядов.

Рассмотрим микросхему K155ИЕ7 (рис. 17).

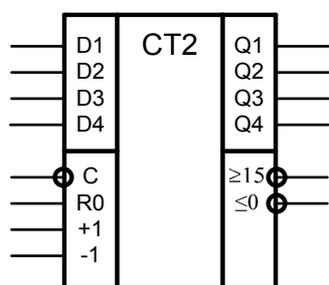


Рис. 17. Двоичный счетчик K155ИЕ7

Она выполняет функцию реверсивного двоичного счетчика. Наличие информационных входов ($D1, D2, D4, D8$) у микросхемы позволяет осуществлять предварительную запись любого числа в пределах емкости счетчика. Эту процедуру называют предустановкой. Чтобы осуществить предустановку счетчика, на входы $D1, D2, D4, D8$ параллельным двоичным кодом направляют нужное число, а на вход C предварительной записи подают отрицательный импульс с задержкой не менее 20 нс. После этого информация на выходах изменится в соответствии с произведенной предустановкой.

Задержка сигнала на входе C необходима, чтобы во всех разрядах числа успели установиться заданные логические уровни, после чего поступает разрешение запомнить данное число. Если же разрешение на запись подавать без задержки относительно информационных сигналов, может возникнуть ошибка. Подав на вход установки нуля $R0$ высокий логический уровень напряжения, счетчик переводят в состояние 0000.

Рассматриваемый счетчик является реверсивным – направление счета в нем определяется тем, на какой из счетных входов +1 или -1 подают импульсы. Одновременно на другом счетном входе должно присутствовать напряжение логической «1».

Для построения счетчиков большой разрядности предусмотрены два выхода: «прямой перенос» P и «обратный перенос» \bar{P} . Чтобы сделать, например, восьмиразрядный счетчик, работающий на сложение, необхо-

димо выход прямого переноса (P) первой микросхемы соединить со входом прямого счета (+1) второй микросхемы. В этом случае выходы $Q1$, $Q2$, $Q4$, $Q8$ второй микросхемы будут соответствовать пятым, шестым, седьмым и восьмым разрядам счетчика.

2. Методика выполнения работы

2.1. Исследование счетного триггера

Плата 2, карта II-7. Соединить внешней перемычкой контакты $Y1$ и $X2$. Составить диаграмму работы T -триггера.

2.2. Исследование четырехразрядного последовательного регистра и четырехразрядного кольцевого счетчика

Плата 3, карта III-1. Универсальный регистр $K155IP1$ ($D1$) переводится в последовательный режим тумблером $SA5$ в положение «0». Входная информация подается кнопкой $SB2$. Кнопка «отпущена» – $D = 1$, кнопка «нажата» – $D = 0$. Выходная информация выводится на четырехразрядный светодиодный дисплей $HL6 - HL9$.

Для перевода регистра в режим кольцевого счетчика в него записывают код 0001, а затем соединяют внешней перемычкой выходы Y и X . После этого с подачей каждого следующего тактового импульса ($SB1$) единица будет последовательно смещаться по разрядам счетчика.

2.3. Исследование схемы суммирующего счетчика на четырех триггерах

1. Плата 5, карта V-1. Суммирующий счетчик. Тумблер $SA5$ в положении «1». Произвести сброс счетчика. Подавая одиночные импульсы кнопкой $SB1$ и используя светодиодную индикацию, заполнить таблицу состояний счетчика в режиме прямого счета.

2. Плата 5, карта V-2. Вычитающий счетчик. Тумблер $SA5$ в положении «0». Входные одиночные импульсы подаются кнопкой $SB1$. Сброс счетчика производится кнопкой $SB3$. Заполнить таблицу состояний в режиме обратного счета.

3. Плата 5, карта V-1. Счетчик с переменным коэффициентом деления. Тумблер *SA5* в положении «1».

Исследовать суммирующий счетчик с переменным коэффициентом деления. Счетные импульсы, формируемые по нажатию кнопки *SB1*, подаются на вход суммирования (+1) счетчика, коэффициент пересчета равен $2^4 = 16$. Если какие-либо выходы *Y1 – Y4* соединить перемычкой со входами *X1 – X3*, то коэффициент пересчета *K* изменится. Возможные значения *K* и необходимые соединения входов и выходов счетчика приведены в табл. 5.

Таблица 5

K	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
X1	-	Y2	Y1	-	Y1	-	-	-	Y1	-	-	-	-	-
X2	-	Y3	Y3	Y3	Y2	Y2	Y1	-	Y2	Y2	Y1	-	Y1	-
X3	-	Y4	Y3	Y3	Y3	Y3	Y2	Y2						

Собрать схему счетчика с коэффициентом пересчета, заданным преподавателем. Нарисовать диаграммы напряжений на входе и выходах счетчика.

2.4. Исследование реверсивного счетчика с предустановкой

1. Плата 5, карта V-3. Исследовать счетчик *K155IE7* в режиме прямого счета и заполнить таблицу состояний. Повторить испытания в режиме обратного счета. Информация, записанная в счетчике, индицируется как в двоичном (*HL2 – HL6*), так и в шестнадцатеричном (*HG1*) кодах. Индикатор *HL1*, подключенный к выходу элемента *D2.1* (схема «ИЛИ» для входных сигналов низкого уровня), индицирует сигнал переноса счетчика как в режиме суммирования, так и в режиме вычитания.

2. Провести исследование счетчика *K155IE7* в режиме с предварительной записью информации, заданной преподавателем. В качестве источника предварительной записи информации использовать тумблеры *SA1 – SA4*. Счетные импульсы на вход счетчика подавать кнопкой *SB1*. Составить диаграмму состояний.

3. Исследовать работу счетчика *K155IE7* в режиме с предварительной записью информации при переполнении или обнулении счетчика в режимах прямого или обратного счета соответственно.

Составить диаграмму состояний счетчика.

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схемы исследуемых устройств, условные графические обозначения счетчиков.
3. Результаты в виде диаграмм и таблиц.
4. Выводы о работе.

4. Контрольные вопросы

1. Что такое цифровой счетчик?
2. Что такое двоичный код? Приведите пример записи числа в двоичном коде.
3. Перечислите основные параметры счетчика.
4. Какой счетчик называется суммирующим, вычитающим, реверсивным, асинхронным, синхронным?
5. Начертите временные диаграммы на входе и выходах счетчика, которые вы ожидаете получить при его работе с коэффициентом пересчета, заданным преподавателем.

Лабораторная работа № 8

АРИФМЕТИКО-ЛОГИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

Цель работы: изучить работу арифметико-логического устройства (АЛУ), выполнить операции суммирования и вычитания.

Оборудование: лабораторный стенд ОАВТ, плата 6, технологическая карта VI-1.

1. Общие сведения

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) – функциональный блок, выполняющий заданный набор арифметических и логических операций над двумя многоразрядными операндами. АЛУ является основным блоком операционных устройств большинства современных цифровых систем.

Набор операций, выполняемых АЛУ, определяется в зависимости от предполагаемой области его использования. Обычно это полный набор логических функций двух переменных или его часть, состоящая из наиболее часто используемых функций: конъюнкция, дизъюнкция, инверсия, исключающее ИЛИ и др. В состав арифметических операций обязательно входят сложение и вычитание.

Выпускаются секции АЛУ в составе БИС либо в виде отдельных микросхем, выполняющих операции над двух-, четырех-, восьми- и шестнадцатиразрядными операндами. С целью упрощения арифметические операции реализуются на базе логических функций. Например, для реализации четырехразрядного АЛУ требуется около 70 элементов И-НЕ либо ИЛИ-НЕ.

АЛУ, имеющие рабочие регистры для хранения поступающих для обработки операндов, называются регистровыми. При проведении вычислений результат предыдущей операции часто служит операндом для по-

следующей операции. Поэтому в ряде случаев один из рабочих регистров используется для накопления результатов операций и называется аккумулятором. Помимо арифметических и логических операций АЛУ часто выполняет сдвиг двоичных чисел влево или вправо.

В работе используется микросхема К155ИПЗ – четырехразрядное скоростное АЛУ (рис. 18). На входы $K1 - K4$ подается четырехразрядное слово I (операнд I). На входы $B1 - B4$ – аналогичное слово-операнд II . АЛУ имеет четыре входа выбора $S1 - S4$, с помощью которых можно выбрать одну из $2^4 = 16$ функций устройства.

По входам $S1 - S4$ передается код операции. С помощью входа M переключаются режимы работы, и АЛУ выполняет либо 16 арифметических, либо 15 логических функций двух переменных. На входе $CR(P_0)$ принимается сигнал переноса. Результат выполнения выбранной функции появляется на выходах $F1 - F4$. Выход $CRP(P)$ – выход генерации переноса (вспомогательный).

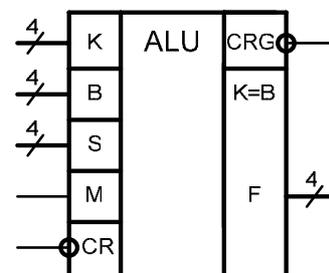


Рис. 18. Микросхема К155ИПЗ

2. Методика выполнения работы

Используются плата 6 и карта VI-1. Тумблерами $SA1, SA2, SA3$ набирают адреса регистров. Положение тумблеров «вниз» соответствует логическому уровню «0», «вверх» – «1».

Положение тумблеров:

- при операции арифметического сложения – $SA5 - \langle 1 \rangle, SA4 - \langle 0 \rangle$;
- при операции арифметического вычитания – $SA5 - \langle 0 \rangle, SA4 - \langle 0 \rangle$;
- при операции логического умножения «И» – $SA5 - \langle 1 \rangle, SA4 - \langle 1 \rangle$.

При работе со стендом необходимо выполнить следующую последовательность действий:

Набор кода операции

1. Ввести код операции, нажимая на кнопку $SB1$ необходимое число раз. Контроль за введенным числом – по индикатору $HG1$.

2. Набрать переключателями $SA1, SA2, SA3$ адрес 010 регистра $D7$ ($SA1 - \langle 0 \rangle, SA2 - \langle 1 \rangle, SA3 - \langle 0 \rangle$).

3. Нажать на кнопку *SB3*. При этом введенный код операции переписывается в регистр *D7*. Запись контролируется по свечению светодиода *HL3*.

Введение первого операнда

1. Ввести первый операнд (число от 0 до *F*) с помощью кнопки *SB1*. Контроль – по свечению *HG1*.

2. Набрать код адреса 000 регистра *D5* (*SA3* – «0», *SA2* – «0», *SA1* – «0»).

3. Нажать на кнопку *SB3*. При этом введенный операнд переписывается в регистр *D5*. Контроль – по свечению *HL1*.

Введение второго операнда

1. Ввести второй операнд (число от 0 до *F*) с помощью кнопки *SB1*. Контроль – по свечению *HG1*.

2. Набрать код адреса 001 регистра *D6* (*SA3* – «0», *SA2* – «0», *SA1* – «1»).

3. Нажать кнопку *SB3*. При этом введенный операнд переписывается в регистр *D6*. Контроль – по свечению *HL2*.

Считывание результата операции

1. Набрать адрес 101 регистра-аккумулятора *D10* (*SA3* – «1», *SA2* – «0», *SA1* – «1»).

2. Нажать на кнопку *SB3*. При этом результат выполнения операции с выхода АЛУ переписывается в регистр-аккумулятор *D10*. Контроль за операцией перезаписи – по свечению *HL5*. Результат операции считывается с индикатора *HG1* в шестнадцатеричном коде.

Загорание светодиода *HL6* показывает наличие сигнала переноса единицы в старший разряд (сигнал переполнения). Например, при свечении *HL6* и цифры «2» на индикаторе *HG1* результатом операции будет являться число «12». Соответственно при свечении диода *HL6* и числа «С» – «1С». По указанию преподавателя осуществить суммирование, вычитание и одну из логических операций. Результаты занести в табл. 6.

Таблица 6

Операция	Обозначение	Код	Операнд 1	Операнд 2	Результат
Сложение	A + B	9	3	2	5
Вычитание	A - B	6	7	4	3
Логич. «И»	A & B	B	7	8	0

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Условное графическое обозначение АЛУ, схема исследуемого устройства.
3. Таблица результатов операций в десятичном, двоичном и шестнадцатеричном кодах.
4. Выводы о работе.

4. Контрольные вопросы

1. Назовите область применения АЛУ.
2. Объясните назначение дешифраторов $D1$ и $D5$.
3. Каким образом осуществляется считывание результата?
4. Объясните назначение всех входов и выходов микросхемы К155ИП3.
5. Назовите основные параметры и характеристики АЛУ.

Лабораторная работа № 9

ОПЕРАТИВНОЕ ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО. МУЛЬТИПЛЕКСНЫЙ СПОСОБ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЩЕЙ ШИНЫ

Цель работы: исследование оперативного запоминающего устройства и мультиплексного способа организации общей шины для обмена данными между несколькими устройствами.

Оборудование: лабораторный стенд ОАВТ, плата 6, технологическая карта VI-3.

1. Общие сведения

Память определяют как функциональную часть информационно-измерительных систем, предназначенную для записи, хранения и выдачи команд и обрабатываемых данных. Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) предназначено для хранения изменяющейся информации. Это значит, что процессор может выбрать из ОЗУ код, команды и данные, а после обработки поместить туда полученный результат. Запоминающее устройство размещают рядом с процессором на одной плате, в одном блоке.

К основным параметрам ОЗУ относят, прежде всего, информационную емкость, быстродействие и энергопотребление. Информационную емкость определяют числом единиц информации в битах или байтах, которые ОЗУ может хранить одновременно. Быстродействие определяется временными параметрами, в частности временем цикла записи или считывания. Энергопотребление определяют произведением тока потребления и напряжения источников питания (табл. 7).

Таблица 7

Параметры	K155PY2	K132PY5	K176PY2A
Информационная емкость, бит	64	4Kx1	256x1
Быстродействие, нс	45...90	55...85	900
Энергопотребление, Вт	0,9	0,4...0,9	0,02
Напряжение питания, В	5	5	9
Технология	ТТЛ-ЭСЛ	Н-МДП	КМДП

Основной составной частью микросхем ОЗУ является массив элементов памяти, объединенных в матрицу накопителя. Каждый элемент памяти (ЭП) может хранить 1 бит информации и имеет свой адрес. Для обращения к ЭП необходимо указать код его адреса, т.е. подать сигналы на соответствующие выходы микросхемы ОЗУ.

Разрядность кода адреса m определяет информационную емкость ОЗУ, т. е. число N ЭП в матрице, которые можно адресовать: $N = 2^m$. Например, микросхема ОЗУ, имеющая 10 адресных входов ($m = 10$), содержит $2^{10} = 1024$ ЭП, т. е. имеет информационную емкость 1024 бит (в вычислительной технике число 1024 обозначается как K).

Для управления режимом работы ОЗУ применяется сигнал «запись – считывание», значение которого определяет либо режим записи, либо режим считывания бита информации из ЭП. Такую организацию матрицы накопителя, при которой одновременно можно записывать или считывать 1 бит, называют одноразрядной.

Некоторые ОЗУ имеют многоразрядную организацию, называемую «словарной». У таких ОЗУ несколько информационных входов и столько же выходов, поэтому они допускают запись (считывание) многоразрядного кода, называемого «словом».

В данной работе используется микросхема K155PY2 – высокоскоростное ОЗУ емкостью 64 бит (рис. 19). Ячейки в памяти организованы в матрицу, имеющую 16 рядов и 4 колонки, что соответствует логической организации 16 слов по 4 бита каждое. Матрица снабжена адресным дешифратором, который принимает четырехразрядный код адреса A_1, A_2, A_4, A_8 и выбирает с помощью одного из своих 16 выходов нужное четырехразрядное слово.

Мультиплексор – цифровой многопозиционный переключатель (коммутатор, селектор). У мультиплексора может быть, например, 18 входов и один выход. Это означает, что сигнал от любого входа можно передавать на единственный выход. Для этого только необходимо подать двоичный код нужного адреса на четыре входа селекции (т.е. осуществить выбор, селекцию канала). Мультиплексоры различают по числу входов, по способам адресации, наличию входов разрешения и инверсных выходов.

Мультиплексор K555КП11 (рис. 20), применяемый в данной работе, содержит четыре одинаковых двухвходовых мультиплексора и передает код на выходе без инверсии. У каждого из четырех мультиплексоров име-

ется по два входа X и Y . Для их выбора служит один вход адреса данных A . Мультиплексор работает следующим образом. При наличии сигнала «0» на входе A на выходы мультиплексора подается информация от входов $X1, X2, X4, X8$ (код адреса) всех четырех мультиплексоров. При появлении на входе A сигнала «1» (нажата кнопка $SB2$) на выходы передается информация от входов $Y1, Y2, Y4, Y8$ (данные из ОЗУ).

В данной работе мультиплексор применяется для контроля за введенными через счетчик CT данными (кнопкой $SB1$). Данные передаются на общую шину с помощью мультиплексора MUX . Число, поступившее на общую шину, индицируется блоком индикации (БИ) в шестнадцатеричном коде и одновременно поступает на входы данных ОЗУ и регистра адреса ОЗУ $RG-A$.

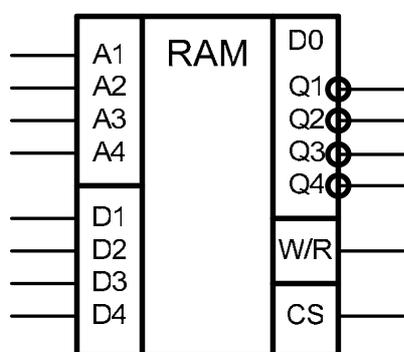


Рис. 19. ОЗУ K155PV2

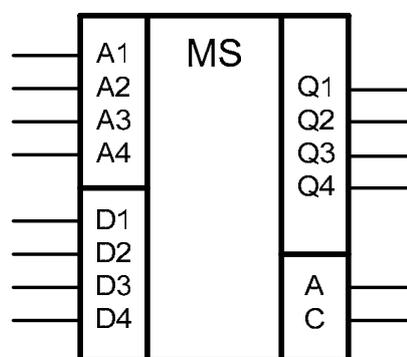


Рис. 20. Мультиплексор K555KPI1

2. Методика выполнения работы

2.1. Запись информации по адресам

Используются плата 6 и карта VI-3. Включить стенд в сеть, включить тумблер «Сеть» на задней панели стенда.

1. Ввод адреса

Для ввода адреса на тумблерах $SA1, SA2, SA3$ установить код регистра адреса $RG-A$ 011 (т. е. 3). «0» – ключ замкнут, «1» – разомкнут, $SA1$ – «1», $SA2$ – «1», $SA3$ – «0».

Ввод адреса в регистр адреса и ввод данных в регистр данных осуществляется путем многократного нажатия кнопки $SB1$ и контролируется на БИ. Ввести адрес в соответствии с одним из вариантов задания (табл. 4).

По нажатию кнопки *SB3* записывается число, находящееся на общей шине, в регистр адреса *RG-A*. Это число в шестнадцатеричной системе высвечивается на БИ и является адресом «*A*». Контроль осуществляется по *HL2*.

2. Ввод данных

Изменить комбинацию тумблеров на 110 (т.е. 6). *SA1* – «0», *SA2* – «1», *SA3* – «1».

Путем многократного нажатия на кнопку *SB1* ввести данные «*D*», которые необходимо записать по адресу «*A*», набранному в п. 1. Ввод данных осуществляется по нажатию кнопки *SB3*. Контроль – по *HL3*.

2.2. Считывание данных

1. Для считывания чисел, записанных в ОЗУ, снова набирают код адреса 011 и адрес ячейки (кнопкой *SB1*), подлежащей считыванию.

2. Нажатием кнопки *SB3* переписывают адрес в регистр адреса *RG-A*.

3. Нажатием кнопки *SB2* (*HL1* – светится) передают информацию (т. е. данные) на БИ с соответствующей ячейки ОЗУ.

Данные нужно записать по одному из приведенных вариантов задания (табл. 8), результат показать преподавателю.

Таблица 8

Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4	
<i>A</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>D</i>
0	0	0	<i>F</i>	0	0	0	<i>F</i>
1	1	1	<i>E</i>	1	2	1	0
2	2	2	<i>D</i>	2	0	2	<i>E</i>
3	3	3	<i>C</i>	3	4	3	0
4	4	4	<i>B</i>	4	0	4	<i>C</i>
5	5	5	<i>A</i>	5	6	5	0
6	6	6	9	6	0	6	<i>A</i>
7	7	7	8	7	8	7	0
8	8	8	7	8	0	8	8
9	9	9	6	9	<i>A</i>	9	0
<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	5	<i>A</i>	0	<i>A</i>	6
<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	4	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	0
<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	3	<i>C</i>	0	<i>C</i>	4
<i>D</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	2	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	0
<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	1	<i>E</i>	0	<i>E</i>	2
<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	0	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	0

Примечание: *A*, *D* – адреса.

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Условное графическое обозначение мультиплексора и ОЗУ, схема электрическая принципиальная исследуемого устройства.
3. Назначение выходов микросхем К155РУ2, К555КП11.
4. Выводы о работе.

4. Контрольные вопросы

1. Перечислите основные параметры ОЗУ.
2. Какие виды ОЗУ вы знаете?
3. Какие функции выполняет мультиплексор в данной работе?
4. Опишите работу схемы.
5. Назовите функции общей шины.
6. Объясните, как производятся запись и считывание информации в ОЗУ на микросхеме К155РУ2,
7. Укажите разницу между оперативным и постоянным запоминающими устройствами.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ГРАФИКОВ

Если изучается зависимость одной величины от другой, то результаты могут быть представлены в виде графика.

Основное достоинство графиков – их наглядность. Посмотрев на график, можно сразу, одним взглядом, охватить вид полученной зависимости, получить о ней качественное представление и отметить наличие различных особенностей: максимумов, минимумов, точек перегиба, областей наибольшей и наименьшей скорости изменения, периодичности и т.п. График позволяет также легко судить о соответствии экспериментальных данных той или иной теоретической зависимости и вообще облегчает обработку измерений.

При вычерчивании графика руководствуются следующими правилами.

Выбор бумаги. График удобнее строить на миллиметровой бумаге или на бумаге со специальными координатными сетками. При выборе миллиметровой бумаги полезно обратить внимание на ее цвет: наименее утомителен для глаз желтый, хуже красный, очень неудобен синий. Старайтесь избегать миллиметровки, где выделены половины сантиметров.

Выбор координатных осей. Общепринято по оси абсцисс откладывать ту величину, изменения которой являются причиной изменения другой (т.е. по оси абсцисс – аргумент, по оси ординат – функцию). Не нарушайте этого правила без серьезных оснований.

Выбор масштабов. Масштаб графика определяется погрешностью измерения величин, отложенных по осям: погрешность должна представляться в выбранном масштабе отрезком достаточной длины, иначе график не отражает всех деталей эксперимента и не может быть использован для графической обработки данных без потери точности.

Шкала должна легко читаться, поэтому одна клетка масштабной сетки должна соответствовать удобному числу – 1; 2; 5; 10... (но не 3; 7; 1,13; ...) единиц изображаемой на графике величины.

Исключение из этого правила допускается в следующем случае. Иногда бывает удобно откладывать на графике не сами значения интересующей нас величины, а пропорциональные им числа. Так, например, можно откладывать показания гальванометра, а не соответствующие им значения тока. (Такой прием используют, когда необходимо построить график до того, как определен переводной множитель, а также в тех случаях, когда хотят уменьшить число вычислений). В этих случаях по обычным правилам выбирается масштаб для той величины, которая откладывается непосредственно (в нашем примере – для показаний гальванометра). Затем определяют переводной множитель и наносят второй и целочисленный масштабы для интересующей нас величины (силы тока). Естественно, что деления второго масштаба уже не будут содержать целое число миллиметров.

Масштабы по обеим осям выбираются независимо друг от друга. Однако следует помнить, что график получается более наглядным, если основная часть кривой имеет наклон, не слишком отличающийся от 45° . В этом случае наиболее удобно анализировать форму кривой.

Если при выборе масштабов для обеих осей на основе величин погрешностей график получается слишком растянутым в каком-либо направлении, то это означает, что измерения соответствующей величины проведены с излишне высокой точностью. При таких условиях разумно несколько увеличить масштаб по оси, для которой точность измерений меньше, а затем выбрать масштаб для второй оси так, чтобы график имел удобную форму, уже не обращая внимания на величину погрешности.

Нанесение шкал по осям. Масштаб наносится на осях графика в виде равноотстоящих «круглых» чисел, например: 6; 8; 10; ... или 4,74; 4,76; 4,78; ... (чтобы не загромождать график, можно опускать целую часть числа: 4,74; ,76; ,78; ...). Не следует расставлять эти числа слишком густо – достаточно нанести их через 2 или даже через 5 см. Дополнительно указывать масштаб, как это делается на географических картах, не следует. На оси обязательно указываются обозначения и единицы измерения соответствующей величины. При этом множитель, определяющий порядок величины, включается обычно в единицы измерения, например: I , мА, или I , 10^{-3} А. Иногда применяется запись: $1 \cdot 10^{-3}$, А, но ее лучше избегать, так как она менее понятна.

Выбор интервала. На графике приводится только та область изменения измеренных величин, которая была исследована на опыте; не следует стремиться к тому, чтобы на графике обязательно поместилось начало координат (точка 0,0). Даже в том случае, когда требуется найти точку пересечения какой-либо прямой на графике с одной из координатных осей, нет необходимости, чтобы эта ось помещалась на графике; точку пересечения легко найти расчетом, пользуясь подобием треугольников. Начало координат помещают на графике только в том случае, когда это требует большого увеличения его размеров.

Следует помнить, однако, что иногда точка (0,0) есть результат измерения, причем часто – наиболее надежный результат.

Нанесение точек на график. Точки должны наноситься на график очень тщательно и аккуратно, чтобы график получился возможно более точным. Это важно для дальнейшей графической обработки результатов.

На график наносят все полученные в ходе работы значения. Если одна точка измерялась несколько раз, можно нанести среднее значение или показать разброс.

Если на один и тот же график наносятся различные группы данных (результаты измерения разных величин, одной величины, но полученные в разных условиях или разными авторами и т.п.), то точки, относящиеся к разным группам, должны быть помечены различными символами (кружки, треугольники, звездочки и т.п.), чтобы их нельзя было спутать.

Выносные линии на графике, как правило, не проводятся; научитесь наносить точки на график без их помощи. При рациональном выборе масштаба и правильной разметке шкал это совсем нетрудно. Выносная линия в виде исключения может быть нанесена, только если какую-либо точку хотят особо выделить на графике (например, положение максимума).

Изображение погрешности. Погрешность измерения изображают на графике с помощью крестиков соответствующих размеров, нанесенных поверх точек. Можно также указать погрешность размером точек. Для этого точки рисуют либо в виде эллипсов с длиной полуосей, равной в масштабе графика величине погрешности, либо в виде прямоугольников таких же размеров. Нет необходимости указывать погрешность для каждой точки, но если погрешность изменяется вдоль кривой, следует показать это на нескольких точках.

Проведение кривой по нанесенным точкам. Кривую на графике проводят плавно, избегая изломов и перегибов. Кривая должна проходить настолько близко ко всем нанесенным точкам, но ни в коем случае не следует стремиться провести ее через каждую точку; точки должны располагаться по обе стороны от кривой. Излом на кривой можно рисовать только в том случае, если он не может быть объяснен погрешностью измерений и если при этом на его существование указывает большое число точек; кроме того, нужно быть уверенным в отсутствии систематических ошибок (изломы часто проявляются, например, когда сначала работают на одной шкале прибора, а затем переходят на другую). Всякая особенность на кривой (излом, резкое изменение кривизны и прочее) требует либо специального экспериментального доказательства, либо теоретического объяснения.

Во всех случаях кривая должна быть проведена так, чтобы она не закрывала экспериментальных точек. Помните, что результат эксперимента – это точки, а кривая – это только ваше толкование результата (и это толкование, вообще говоря, не однозначно). Прямую на графике проводят карандашом по линейке (удобна прозрачная линейка, позволяющая видеть все точки). Кривую проводят по экспериментальным точкам от руки – лекало не должно влиять на принятие ответственного решения о наилучшем ходе кривой или наличии разброса. Для последующей обводки кривой и для проведения расчетных кривых, которые должны проходить строго через точки, следует использовать лекало.

Выбор наиболее наглядной зависимости. При построении графика нужно стремиться к тому, чтобы он наиболее четко отражал все особенности представляемой зависимости. Для этого часто бывают удобны функциональные масштабы – по осям откладываются не сами измеряемые величины, а их функции, подобранные в соответствии с решаемой задачей.

Пусть, например, изучается зависимость типа $y = x$ (например, при проверке градуировки прибора y – измеряемое значение величины, x – показание прибора). Для наглядной иллюстрации этой зависимости вполне удобен график в координатах x, y . Для определения отклонений от нее полезнее график зависимости $y - x$ от x или от y (в частности, так строятся графики поправок к показаниям приборов).

Если измеряемая величина изменяется очень сильно, на несколько порядков, удобно применять логарифмический (по осям откладываются

логарифмы измеряемых величин) или полулогарифмический (логарифмы откладываются только по одной из осей) масштабы. Надо помнить, однако, что логарифмический масштаб можно применять без потери точности, только если относительная погрешность постоянна для всей кривой.

Функциональные масштабы очень полезны также при графической обработке данных.

При использовании функциональных масштабов на оси следует наносить две шкалы – равномерную для откладываемой по оси функции и неравномерную для самой исследуемой величины (но и на эту шкалу наносятся, как обычно, круглые числа).

Оформление графиков. Готовый график снабжается заголовком, который должен содержать точное описание того, что показывает график.

Разные группы точек (разные символы) или разные кривые на графике также должны быть объяснены. Эти объяснения приводятся в подписи к графику (внизу листа или на свободном, не занятом кривой, месте на самом графике).

Пример построения графика приведен ниже (рис. П1).

ВАХ фотодиода

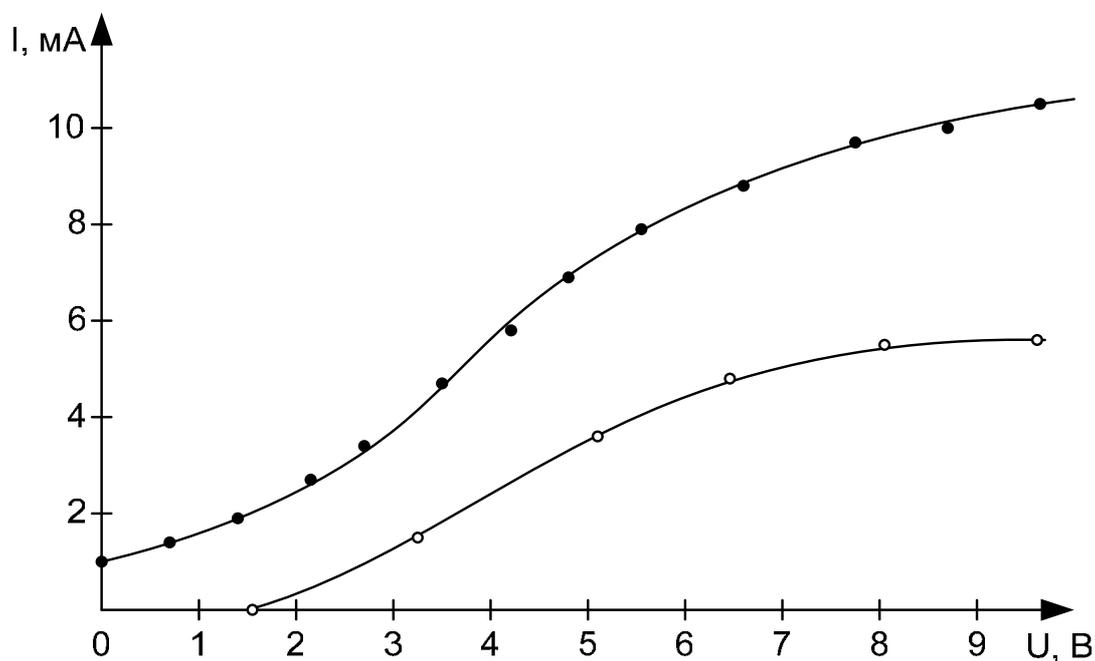


Рис. П1

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ

Общие положения

Элемент схемы – условные графические обозначения (УГО) изделия или части изделия, реализующие функцию или системы функций алгебры логики, например, микросхема интегральная, микросборка, набор элементов, их части и совокупности (к элементам цифровой техники условно относят элементы, не выполняющие функции алгебры логики, но применяемые в логических цепях, например, генератор, усилитель, конденсатор и т.д.).

При построении УГО необходимо установить соответствие между состояниями элементов логической «0» и логическая «1» и уровнями сигналов, представляющими их.

Общие правила построения УГО

УГО элемента имеет форму прямоугольника, к которому подводят линии выводов. УГО элемента может содержать три поля: основное и два дополнительных.

Дополнительные поля располагают слева и справа от основного поля. Допускается дополнительные поля разделять на зоны, которые отделяют горизонтальной чертой.

В первой строке основного поля УГО помещают обозначение функции, выполняемой элементом. В последующих строках основного поля располагают информацию по ГОСТ 2.708-81.

В дополнительных полях помещают информацию о функциональных назначениях выводов (указатели, метки) (рис. П2).

При выполнении схем автоматизированным способом допускается информацию в основном поле помещать с первой позиции строки.

Выводы элементов делят на входы, выходы, двунаправленные выходы и выводы, не несущие логической информации.

Входы элемента изображают с левой стороны УГО, выходы – с правой стороны. Двунаправленные выходы и выводы, не несущие логической информации, помещают с правой или левой стороны прямоугольника.

При подведении линии выводов к контуру УГО не допускается: проводить их на уровне сторон прямоугольника, проставлять на них у контура УГО элемента стрелки, указывающие направление потоков информации.

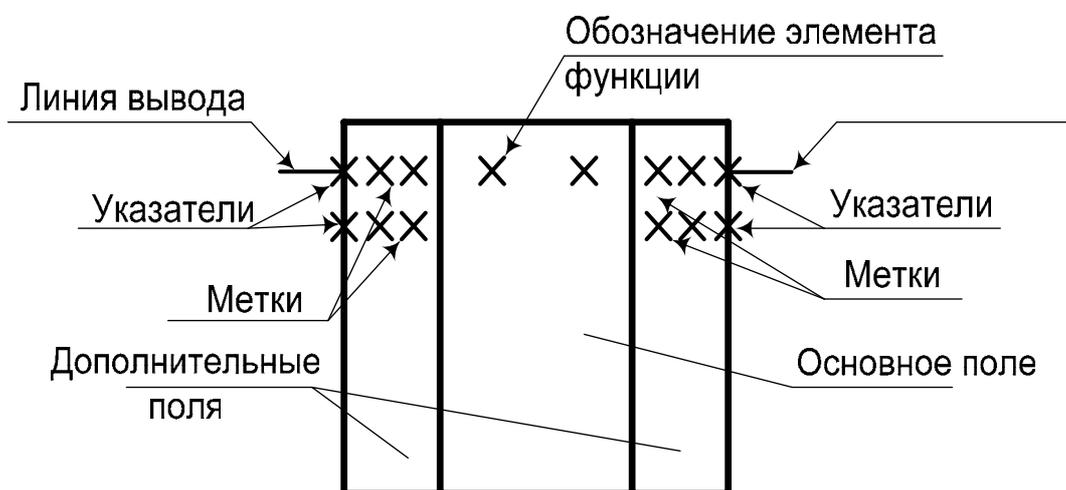


Рис. П2. Заполнение основного и дополнительных полей

Допускается другая ориентация УГО, при которой входы располагают сверху, выходы снизу.

Размеры УГО определяются:

по высоте:

- количеством линий выводов;
- количеством интервалов;
- количеством строк информации в основном и дополнительных полях;
- размером шрифта;

по ширине:

- наличием дополнительных полей;
- количеством знаков, помещаемых в одной строке внутри УГО (с учетом пробелов);
- размером шрифта.

Расстояние между линиями выводов должно быть не менее и кратным величине C .

Расстояние между горизонтальной стороной УГО, границей зоны и линией вывода должно быть не менее и кратным величине $C/2$.

Размеры УГО по высоте должны быть кратными постоянной величине $C/2$.

При разделении групп линий выводов интервалом величина его должна быть не менее $2C$ и кратной величине C .

В зависимости от способа выполнения схемы C должно быть не менее: 5 мм – при выполнении вручную; интервала между строками – при выполнении автоматизированным способом.

Ширина дополнительного поля должна быть не менее: 5 мм – при выполнении вручную; ширины одного символа печатающего устройства – при выполнении автоматизированным способом.

При увеличении количества символов в строке ширина дополнительного поля должна быть соответственно увеличена.

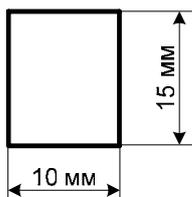
Размер указателя должен быть не более: 3 мм – при выполнении вручную; размера применяемого шрифта – при выполнении автоматизированным способом.

Надписи внутри УГО выполняют основным шрифтом по ГОСТ 2.304-81.

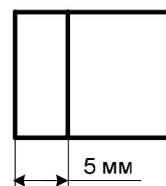
При выполнении схем автоматизированным способом применяют шрифты, имеющиеся в печатающих устройствах, и надписи выполняют прописными буквами.

Обозначения УГО должны соответствовать приведенным ниже.

Основное поле



Основное поле с левым дополнительным



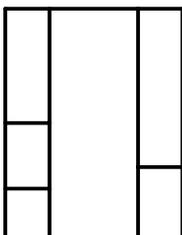
Основное поле с правым дополнительным



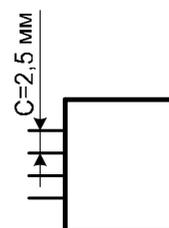
Основное поле с левым и правым дополнительными полями



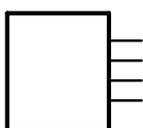
Основное поле с дополнительными полями, разделенными на зоны. Количество зон не ограничено



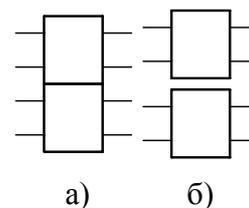
Входы элемента



Выходы элемента



Изображение группы элементов: а – совмещено; б – не совмещено



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шило, В. Л.* Популярные цифровые микросхемы : справочник / В. Л. Шило. – Челябинск, 1988. – 352 с.
2. Применение интегральных микросхем : практ. рук. : в 2 кн. Кн. 2. / под ред. А. Уильямса ; пер. с англ. – М. : Мир, 1987. – 413 с.
3. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы : справочник / под ред. С. В. Якубовского. – М. : Радио и связь, 1990. – 496 с.
4. *Горошков, Б. И.* Элементы радиоэлектронных устройств : справочник / Б. И. Горошков. – М. : Радио и связь, 1988. – 176 с.
5. Применение интегральных микросхем в электронной вычислительной технике : справочник / под ред. Б. Н. Файзулаева, Б. В. Тарабрина. – М. : Радио и связь, 1987. – 384 с.
6. *Лебедев, О. Н.* Микросхемы памяти и их применение / О. Н. Лебедев. – М. : Радио и связь, 1990. – 160 с.
7. *Лившиц, Н. С.* Радиотехнические измерения / Н. С. Лившиц, Б. Е. Телешевский. – М. : Высш. шк., 1968. – 200 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ	4
Лабораторная работа № 1. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА. ИЗМЕРЕНИЕ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА	5
Лабораторная работа № 2. ОСНОВНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПРОСТЕЙШИЕ КОМБИНАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА	15
Лабораторная работа № 3. ТРИГГЕРЫ <i>RS-</i> , <i>D-</i> И <i>T-</i> ТИПОВ	24
Лабораторная работа № 4. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ И УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕГИСТРЫ	29
Лабораторная работа № 5. ОСНОВНЫЕ КОМБИНАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА: ДЕШИФРАТОР, ДЕМУЛЬТИПЛЕКСОР, МУЛЬТИПЛЕКСОР И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КОДОВ НА ПЗУ	34
Лабораторная работа № 6. ЧЕТЫРЕХРАЗРЯДНЫЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ СУММАТОР	39
Лабораторная работа № 7. СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ	44
Лабораторная работа № 8. АРИФМЕТИКО-ЛОГИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО	50
Лабораторная работа № 9. ОПЕРАТИВНОЕ ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО. МУЛЬТИПЛЕКСНЫЙ СПОСОБ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЩЕЙ ШИНЫ	54
ПРИЛОЖЕНИЯ	59
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	68

ЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА.
ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА
Методические указания к лабораторным работам

Составители
ТАТМЫШЕВСКИЙ Константин Вадимович
ГРИГОРЬЕВ Алексей Сергеевич
КОЗЛОВ Сергей Александрович

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор Л.М. Самсонов

Редактор Е.В. Афанасьева
Технический редактор Н.В. Тупицына
Корректор Т.В. Климова
Компьютерная верстка Е.Г. Радченко

Подписано в печать 22.09.06.

Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 4,75. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.