

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Севастопольский государственный университет»**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕДУР  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ  
ВВОДА/ВЫВОДА ДАННЫХ  
В МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ AVR**

**Методические указания**

к выполнению лабораторной работы по дисциплине  
«Встроенные микропроцессорные системы»

Для студентов, обучающихся по направлению 09.03.02

"Информационные системы и технологии"

и 09.03.03 «Прикладная информатика»

по учебному плану подготовки бакалавров

дневной и заочной форм обучения

Севастополь

2022

**Исследование процедур программирования ввода/вывода данных в микроконтроллерах AVR.** Методические указания по проведению лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии». Сост. Чернега В.С. – Севастополь, СевГУ, 2022 – 16 с.

Цель указаний: оказать помощь студентам в изучении способов подключения устройств ввода/вывода к микроконтроллерам семейства AVRmega и отладке программного обеспечения микроконтроллеров в среде моделирования микропроцессорных устройств.

Методические указания рассмотрены и утверждены на методическом семинаре и заседании кафедры информационных систем (протокол № 01 от 01 сентября 2022 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевГУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Кудрявченко И.В., канд. техн. наук, доцент кафедры ИС

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	4
2. Краткие теоретические сведения	
3. Описание лабораторной установки и методика создания и исследования схем	4
4. Программа выполнения лабораторной работы	9
5. Содержание отчета	9
6. Контрольные вопросы	9
7 Список рекомендованной литературы	10
Приложение А	11

## Лабораторная работа № 3

### Исследование процедур программирования ввода/вывода данных в микроконтроллерах AVR

#### 1. Цель работы

Целью работы является изучение способов подключения внешних устройств к микроконтроллерам, среды моделирования электронных схем PROTEUS VSM и приобретение практических навыков составления, исследования и отладки микропроцессорных систем и их программного обеспечения.

#### 2. Краткие теоретические сведения

В качестве устройств ввода микропроцессорных систем применяются аналоговые и цифровые датчики. Для обработки сигналов с аналоговых датчиков микроконтроллер должен иметь встроенный аналого-цифровой преобразователь (микроконтроллеры Atmega8, Atmega16 и др.). В этом случае такой датчик подключается к одному из входов ADC микроконтроллера (порт PC микроконтроллера Atmega8, рисунок 2.1).

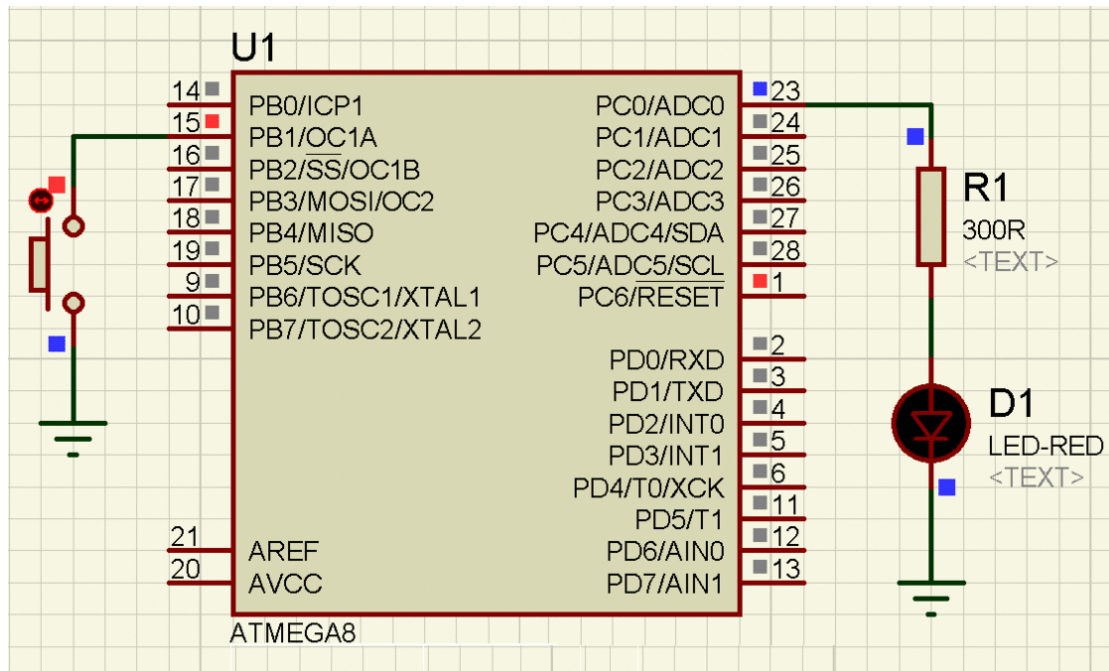


Рисунок 2.1 – Типовая схема подключения дискретного датчика и светодиода к микроконтроллеру ATMEGA8

Цифровые датчики могут иметь параллельный или последовательный выход. В первом случае датчик подключается к параллельному порту кон-

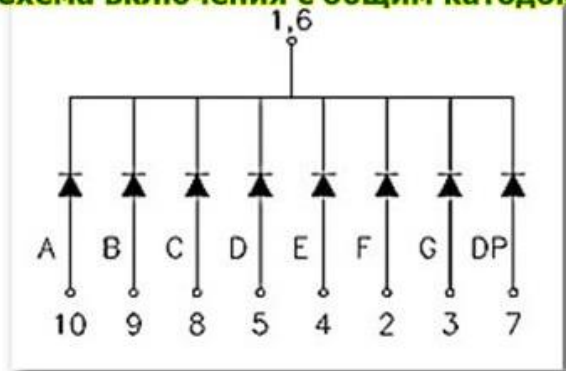
троллера, который должен быть сконфигурирован на ввод. Во втором случае датчик (например, цифровой термометр DS18B20), подключается ко входу последовательного интерфейса, например, к RXD. В простейшем случае датчик является двухпозиционный. На схеме он обозначается как кнопочный выключатель. Схема его подключения к контроллеру показана на рисунке 2.1. Такая схема подключения предполагает, что к выводу подключен внутренний подтягивающий резистор. В противном случае необходимо применять внешний подтягивающий резистор сопротивлением 1 кОм.

Простейшим устройством вывода во встроенных системах является светодиод. Обычно он подключается непосредственно к выводу выходного порта через резистор, который ограничивает ток через диод (рисунок 2.1).

Во встроенных микропроцессорных системах в качестве устройств вывода достаточно широко применяются семисегментные индикаторы. Семисегментный светодиодный индикатор, как говорит его название, состоит из семи элементов индикации (сегментов), включающихся и выключающихся по отдельности. Путем включения их в разных комбинациях, можно составить упрощённые изображения арабских цифр и некоторых символов. Сегменты обозначаются буквами от А до G; восьмой сегмент — десятичная точка, предназначенная для отображения дробных чисел.

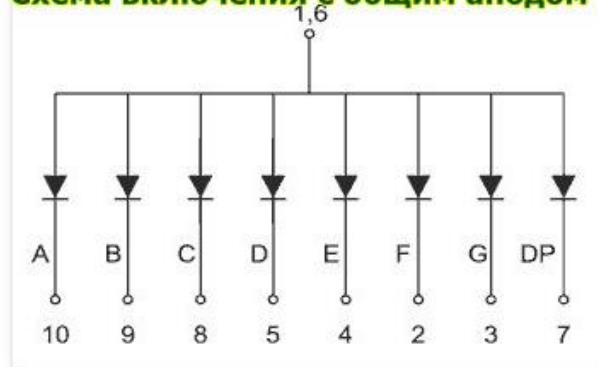
Светодиодный индикатор имеет девять выводов: один идёт к катодам всех сегментов, а остальные восемь — к аноду каждого из сегментов (рисунок 2.2а). Эта схема называется «схема с общим катодом». Существуют также схемы и с **общим анодом** (рисунок 2.1б).

Схема включения с общим катодом



а)

Схема включения с общим анодом



б)

Рисунок 2.2 – Схемы светодиодных индикаторов с общим катодом (а) и общим анодом (б)

На рисунке 2.3 изображена схема подключения 7-сегментного индикатора к порту РС микроконтроллера ATTINY 2313. Токоограничительные резисторы могут присутствовать в схеме, а могут и не присутствовать. Все зависит от напряжения питания, которое подается на индикатор и технических

характеристик индикаторов. Если, к примеру, напряжение, подаваемое на сегменты равно 5 вольтам, а они рассчитаны на рабочее напряжение 2 вольта, то токоограничительные резисторы ставить необходимо (чтобы ограничить ток через них при повышенном напряжении питания и не сжечь не только индикатор, но и порт микроконтроллера).

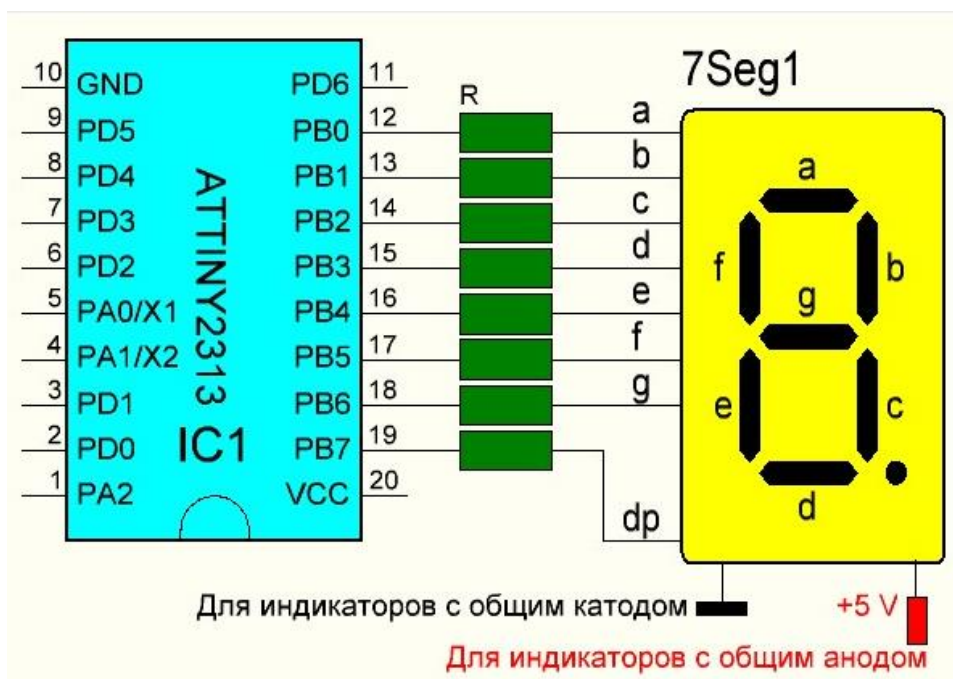


Рисунок 2.3 – Схема подключения 7-сегментного индикатора к порту микроконтроллера

Например, имеется индикатор со следующими параметрами:

- рабочее напряжение - 2 Вольта;
- рабочий ток - 10 мА (=0,01 А);
- напряжение питания 5 вольт;

На ограничительном диоде должно падать  $(5 - 2) = 3$  вольта. Для этого сопротивление резистора, при протекании по нему тока 10 мА, должно равняться  $R = (5 - 2) / 0.01 = 300 \text{ Ом}$ .

Промышленностью выпускаются и многоразрядные индикаторы (дисплеи). Они преимущественно управляются по динамическому принципу: выходы одноимённых сегментов всех разрядов соединены вместе. Чтобы вывести информацию на такой индикатор, управляющие сигналы должны по очереди подаваться на общие выходы всех разрядов, в то время как на выходы сегментов управляющее воздействие подаётся в зависимости от того, какой символ должен быть отражен в данном разряде.. Схема подключения трехразрядного 7-сегментного дисплея к портам микроконтроллера показана на рисунке 2.4.

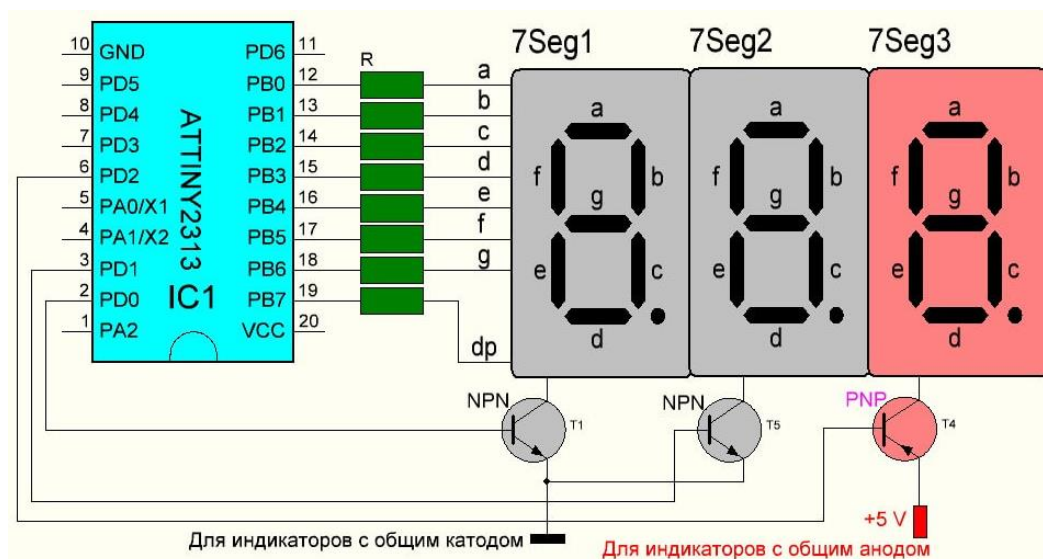


Рисунок 2.4 – Схема подключения трехразрядного дисплея к микроконтроллеру

Транзисторы в этой схеме являются усилителями тока. Вместо транзисторов можно использовать буферные усилители, например, типа 4010 или 4050. При низковольтном питании микроконтроллера и маломощных светодиодных индикаторах, в принципе, можно отказаться от использования в схеме и токоограничительных резисторов R, и управляющих транзисторах - подключать выводы индикатора непосредственно к выводам портов микроконтроллера, так как при динамической индикации ток потребления сегментами уменьшается. При этом следует учитывать, что разряды при применении индикаторов с общим катодом управляются логическим нулем, а индикаторы с общим анодом – логической единицей.

### 3. Описание лабораторной установки и методика создания и исследования схем

Лабораторная установка состоит из персонального компьютера, на котором установлены система редактирования и отладки программ микроконтроллеров Atmel Studio версий 4 – 6 и система симулирования электронных и микропроцессорных систем Proteus VSM. Состав и работа с Atmel Studio описано в методических указаниях к лабораторной работе №1, описание работы с системой Proteus содержится в методических указаниях по дисциплине «Компьютерная схемотехника».

При выполнении лабораторной работы целесообразно придерживаться следующих рекомендаций.

Перед созданием и моделированием микропроцессорного устройства необходимо сначала на бумаге начертить его схему, составить программу управления устройством и отладить ее в AVR Studio.

3.1. Создать новый проект, для чего в меню Файл выбрать соответствующую опцию (при запуске ISIS.exe он создаётся по умолчанию, как и в любой другой программе).

3.2. Зайти в библиотеку компонентов через клавиши меню «Библиотека-Выбор устройства» или нажав кнопку «Р» в окне DEVICES (Рисунок 3.2).

3.3. Выбрать нужные компоненты. При выборе элементов можно воспользоваться группами элементов (в библиотеке элементы сгруппированы по классам), а можно поиском, для чего в строку keywords (Маска) необходимо ввести имя требуемого элемента, после выбора каждого элемента нажать ОК, после чего снова можно зайти в библиотеку. Компоненты набираются по одному экземпляру, размножить их можно уже потом просто выбирая в списке Object Selector .

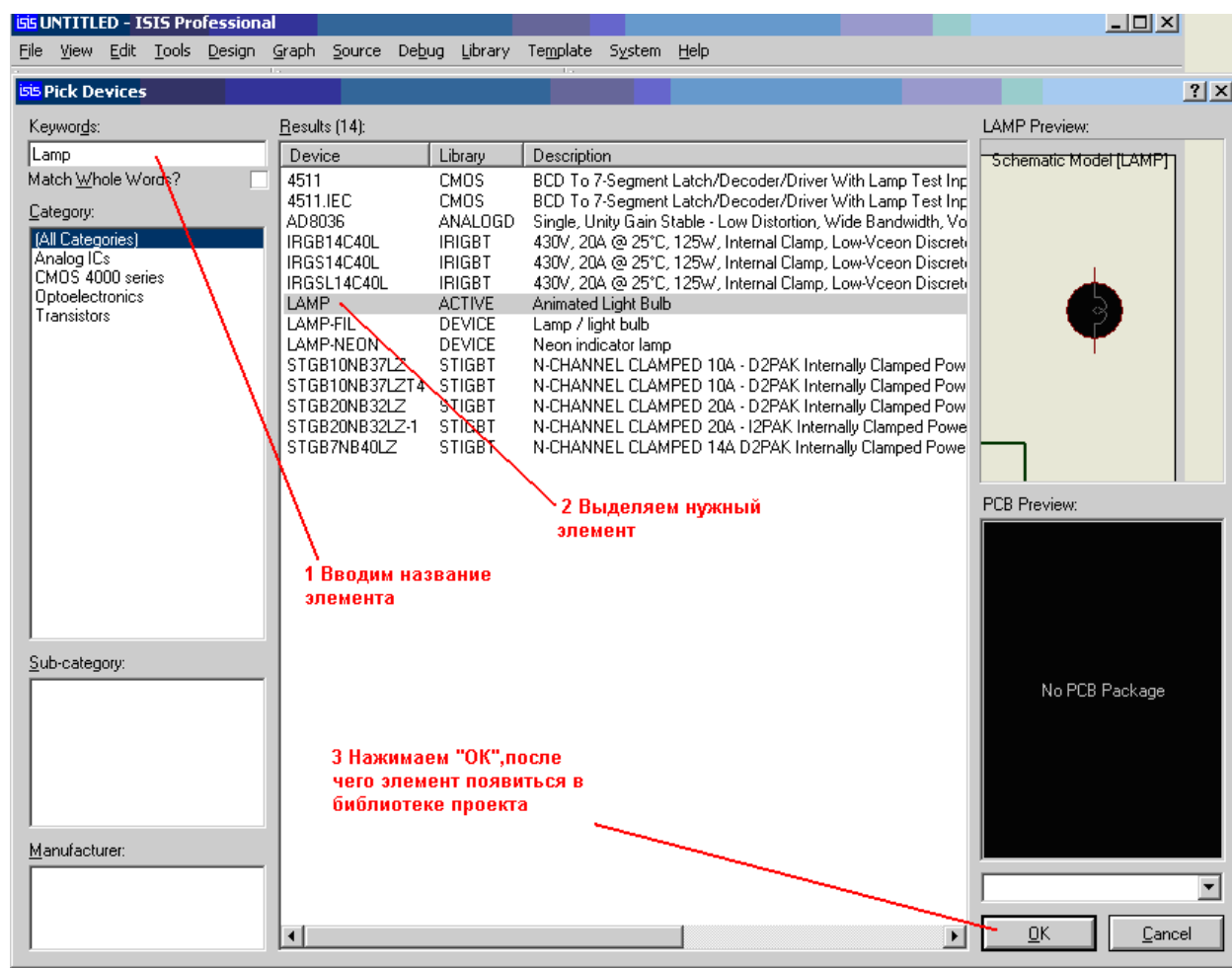


Рисунок 3.1 – Выбор элементов из библиотеки

Для того чтобы изменять параметры объектов, их нужно сначала выделить, что можно сделать только на остановленном проекте. Для выделения одного объекта надо щелкнуть по нему правой кнопкой мыши. Для выделения группы выделить первый элемент, затем нажать CTRL и последовательно щелкать левой кнопкой мыши по всем необходимым объектам. Выделять объекты надо осторожно, повторный



щелчок правой кнопкой мыши по выделенному объекту удалит его, (удалить выделенные объекты можно еще, нажав кнопку DELETE) . После выбора всех элементов схемы осуществляется переход к следующему пункту.

3.4. Добавить терминальные элементы питания и сигнальной земли. В окне выбора режима селектора нажать на кнопку «Терминалы» (terminals), выделить Ground (земля) и поместить её на рабочем поле так же, как и предыдущие элементы. Аналогично выделить терминал Power (источник питания) и поместить на поле схемы.

3.5. Задать параметры терминалу Power. Двойным щелчком левой кнопки мыши по элементу Power (источник питания) открыть окно его свойств (рисунок 3.3), в появившемся окне во вкладке Label в графе string задать «+5V» и нажать «ОК».

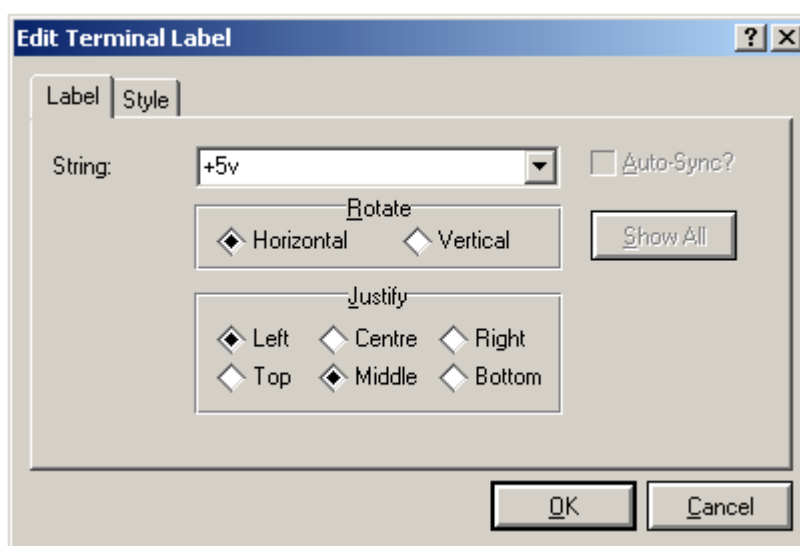


Рисунок 3.2 – Окно задания параметров терминальному элементу

3.6. Соединить элементы согласно разработанной схеме. Подвести курсор мыши к проводнику, выходящему из элемента (курсор поменяет цвет на зелёный), нажать левой кнопкой мыши и подвести проводник к элементу, с которым нам необходимо его соединить, после чего нажать левую кнопку мыши ещё раз. Более подробно способы выполнения соединения компонентов приведены в приложении. Пример подключения компонентов схемы к микроконтроллеру показан на рисунке 3.3.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1:** Такие элементы, как питание микроконтроллера, кварцевый резонатор, конденсаторы по цепям питания нет необходимости добавлять в схему. Все это эмулируется программно по умолчанию. Однако если проект будет разрабатывать до изготовления печатной платы, необходимо добавлять все элементы.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2:** Тип модели переключателей, резисторов и светодиодов целесообразно изменить на digital (цифровой) для того, чтобы симулятор не тратил

время на обсчет аналоговых свойств резисторов и светодиодов. Нужно только, светится или нет светодиод, нажата кнопка или нет, то есть чисто логические уровни.

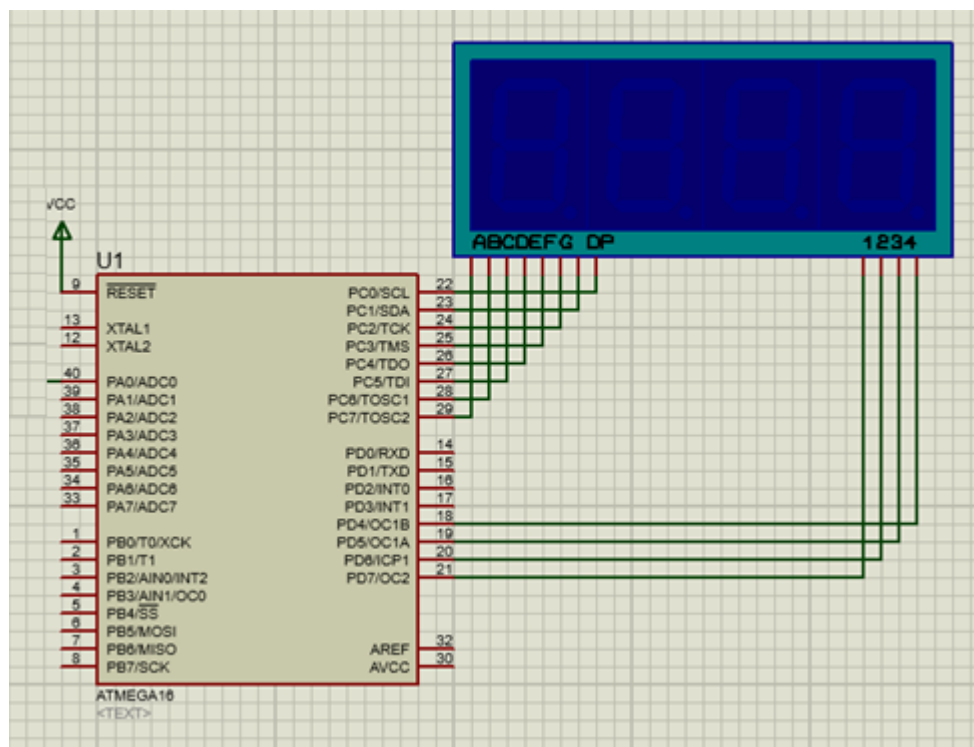


Рисунок 3.3 – Пример подключения компонентов к микроконтроллеру

3.7. Загрузить разработанный на этапе моделирования на AVR Studio **HEX**-файл в микроконтроллер. Щелкнуть ПКМ по микроконтроллеру и выбрать Edit properties (правка свойств), найти строку Program file и указать в ней путь к требуемому. hex файлу.

3.8. Запустить процесс симуляции. В меню Отладка (DEBUG) выбрать опцию «Запуск» или нажать внизу на кнопку «Воспроизвести».

3.9. Оценить правильность функционирования спроектированного устройства в непрерывном и пошаговом режимах отладки.

В процессе отладки очень часто приходится контролировать состояния регистров и ячеек памяти. Для этого в симуляторе предусмотрено несколько способов просмотра. Самый удобный способ – использование опций WATCH WINDOW и AVR Internal RAM. Они доступны в меню «Отладка» и становятся активными только в паузе запущенного процесса симуляции. Нужно щелкнуть ПКМ по появившемуся окну WATCH WINDOW и выбрать одну из предлагаемых опций.

Наиболее наглядное представление дают опции:

ADD ITEMS (BY NAME) — добавить элемент по имени;

ADD ITEMS (BY ADDRESSES) — добавить элемент по адресу.

Путем двойного щелчка ЛКМ в таблицу добавляется соответствующий регистр.

#### **4. Программа выполнения лабораторной работы**

1. Ознакомиться со схемами подключения переключателей (клавиш) и элементов индикации к микроконтроллеру.
2. Начертить схему микропроцессорного устройства согласно заданному варианту (Приложение Б).
3. Составить программу опроса клавиш и управления индикацией.
4. Отладить программу в среде Atmel Studio и убедиться в правильности функционирования устройства.
5. Начертить разработанную схему микропроцессорного устройства в рабочем окне симулятора Proteus VSM и загрузить исполняемый программный модуль.
6. Запустить режим процесса симуляции и убедиться в корректной работе устройства.
7. Проверить функционирование разработанного устройства в динамическом режиме.
8. Подключить виртуальный осциллограф к элементам индикации и исследовать вид сигналов на соответствующих электродах.
9. Составить отчет о проведенных исследованиях и сформулировать выводы по работе.

ПРИМЕЧАНИЕ: Пп. программы 1-4 выполняются в процессе домашней подготовки

#### **5. Содержание отчета**

- 5.1. Цель и программа работы.
- 5.2. Электрическая схема исследуемого устройства.
- 5.3. Текст программы управления устройством.
- 5.4. Скриншот рабочего окна симулятора с начерченной схемой и с изображением сигналов на экране виртуального осциллографа.
- 5.5. Выводы по работе.

#### **6. Контрольные вопросы**

- 6.1. Начертите упрощенную схему микроконтроллера и поясните назначение его функциональных узлов и укажите их параметры.
- 6.2. Поясните схемы подключения к микроконтроллеру кнопочных переключателей и индикаторов. С какой целью в цепи включаются резисторы и какова должна быть их величина сопротивлений?
- 6.3. Чем динамическая индикация отличается от статической? Каковы их достоинства и недостатки?
- 6.4. Как можно рассчитать величину сопротивления ограничивающего резистора?

- 6.5. Как с помощью осциллографа можно определить частоту импульсной последовательности.
- 6.6. Написать процедуру на ассемблере генерации звука с частотой 1000 Гц.
- 6.7. Поясните, как микроконтроллер определяет состояние кнопочных переключателей и покажите на листинге программы, какие команды реализуют эту операцию.
- 6.8. Начертите упрощенную схему портов ввода/вывода микроконтроллера и поясните, с помощью каких команд осуществляется настройка портов.
- 6.9. Продемонстрируйте и поясните на примере разработанной схемы, каким образом в среде Atmel Studio осуществляется контроль правильности составленной программы.
- 6.10. Продемонстрируйте на примере разработанной схемы, как с помощью виртуального осциллографа можно проконтролировать формы сигналов в различных точках схемы.

### 3. Список рекомендованной литературы

- 7.1. Бальзамов А. Ю. Программирование на ассемблере для AVR-микроконтроллеров: Лаб. практикум по основам микропроцессорной техники / А. Ю. Бальзамов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2012. – 108 с.
- 7.2. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. – М.: Издательский дом «Додека-XXI», 2004. – 288 с.
- 7.3. Макуха В.К.. Микропроцессорные системы и персональные компьютеры: учебник для вузов/В.к. Макуха, В.А. Микерин. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 156 с. <https://urait.ru/viewer/mikroprocessornye-sistemy-i-personalnye-kompyutery-492153#page/1> (дата обращения: 06.07.2022).
- 7.4. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. / Пер. с англ.- М.: Издательский дом «Додека-XXI», 2006. – 272 с.
- 7.5. Огородников, И. Н. Микропроцессорная техника: введение в cortex-m3 : учеб. пособие для вузов / И. Н. Огородников. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 116 с. — (Серия: Университеты России). — ISBN 978-5-534-08420-7. — С. 7 — 10 — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492216> (дата обращения: 06.07.2022).
- 7.6. Ревич Ю.В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. – СПб., БХВ-Петербург, 2008. – 384 с.
- 7.7. Сажнев, А. М. Цифровые устройства и микропроцессоры : учебное пособие для вузов / А. М. Сажнев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 139 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10883-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт <https://urait.ru/viewer/cifrovye-ustroystva-i-mikroprocessory-492264#page/1> (дата обращения: 01.07.2022).

- 7.8. Хартов В. Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих: учеб. пособие / В. Я. Хартов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 280 с.
- 7.9. Программирование с нуля в AVRStudio 5. <http://chipmk.ru/index.php/component/k2/item/118-programmirovanie-c-nulya-v-avrstudio-5-ch-1>

## Приложение А. Выполнение электрических соединений на схемах

Существует три способа выполнения электрических соединений: напрямую, посредством шин и через указатели.

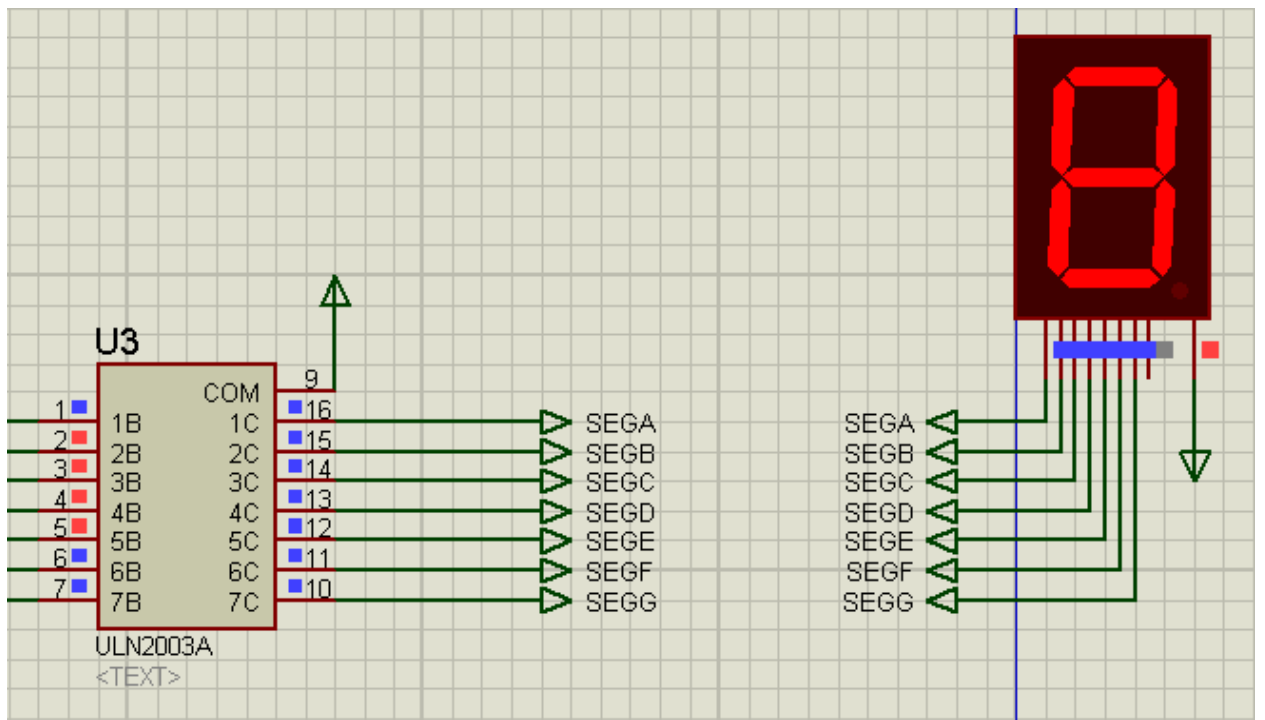
При **соединении напрямую** соединяемые выводы объединяются электрической линией. Для этого указатель мыши наводится на вывод до появления выделения. Выполняется щелчок левой кнопкой мыши (ЛКМ), отпускается кнопка мыши и проводится линия к другому выводу до появления выделения. Снова выполняется щелчок ЛКМ и соединение установлено. Если соединение не нужно, то следует щёлкнуть по соединению правой кнопкой мыши (ПКМ) и удалить связь. В случае необходимости объединения нескольких выводов проводится линия до предполагаемой точки объединения и двойным щелчком выполняется соединение, в результате чего образуется точка электрического соединения.

При **соединении посредством шины** нужно сначала на панели режима селекторов выбрать шину. Одинарным щелчком указывается начало шины. Затем выполняется протяжка шины. Одинарным щелчком задаются повороты, а двойным щелчком ЛКМ указывается конец шины. Шина может быть и разветвленной.

Затем выводы компонентов соединяются с шиной. Для этого указатель мыши нужно навести на вывод компонента до появления выделения, выполняется щелчок и протягивается линия до шины до появления выделения, снова выполняется щелчок для фиксации линии. Чтобы симулятор понимал, что с чем соединяется в шине, нужно именовать линии. Для этого следует щёлкнуть на линии ПКМ и выбрать в меню «Разместить метку связи» (Place Wire Label).

В открывшемся окне выбирается одно из имеющихся именований, либо вручную дописывается новое и нажимается ОК. Целесообразно именовать линии именами выводов микроконтроллера. В результате рядом с линией появляется именование, которое однозначно указывает её соединение в шине. Несколько выводов может быть объединено между собой; для этого линиям присваиваются одни и те же имена.

**Третий способ** соединения осуществляется с помощью указателей (терминалов). На левой вертикальной панели режима селекторов активировать Терминал. В селекторе объектов выбрать OUTPUT и щелчком ЛКМ на рабочем поле установить терминал. Терминал можно с помощью мыши перемещать в нужную точку и поворачивать в любом направлении. Затем терминал соединяется с нужной точкой схемы. Теперь нужно наименовать терминал. При двойном щелчке по терминалу открывается окно, в котором либо выбирается имеющиеся наименования, либо вручную дописывается новое и нажимается клавиша ОК. Точки схемы, которые должны быть соединены, должны иметь одноименные терминалы.



## Приложение Б. Варианты заданий на лабораторную работу

1. А) Подключите к микроконтроллеру типа ATmega16 два кнопочных переключателя и два светодиода, один желтый, другой – зеленый. При нажатии первой кнопки мигает желтый светодиод, а при нажатии второй – мигает зеленый светодиод с частотой в два раза меньше частоты мигания желтого. Светодиоды при отпущенных кнопках не светятся. Предусмотреть схему сброса микроконтроллера от отдельной кнопки.

Б) Повторить п.А, заменив светодиоды на два 7-сегментные индикаторы. При нажатии первой кнопки на индикаторах высвечивается дата дня вашего рождения, а при нажатии второй – месяц.

А) Подключите к микроконтроллеру типа ATmega16 один кнопочный переключатель и 8 светодиодов. При нажатии кнопки диоды должны поочередно зажигаться (бегущие огни). Светодиоды при отпущенной кнопке не должны светиться. Предусмотреть схему сброса микроконтроллера от отдельной кнопки.

Б) Повторить п.А, заменив светодиоды на четыре 7-сегментные индикаторы. При нажатии первой кнопки на индикаторах высвечивается число и месяц вашего рождения, а при нажатии второй – год. При отпускании кнопок на индикаторах высвечиваются символы FA.

3. А) Подключите к микроконтроллеру типа ATmega16 два кнопочных переключателя и 8 светодиодов, первые 4 – желтого цвета, другие 4 – красного. При нажатии первой кнопки светятся желтые светодиоды, а при нажатии второй – красные. При одновременном нажатии кнопок желтые и красные диоды должны поочередно зажигаться. Светодиоды при отпущенной кнопке не должны светиться. Предусмотреть схему сброса микроконтроллера от отдельной кнопки.

Б) Повторить п.А, заменив светодиоды на четыре 7-сегментные индикаторы. При нажатии первой кнопки на индикаторах высвечивается число и месяц вашего рождения, а при нажатии второй – год.

4. А) Подключите к микроконтроллеру типа ATmega16 один кнопочный переключатель и громкоговоритель (динамик). При нажатом состоянии кнопки должен мигать светодиод и гудеть динамик, при отпущенном – мигание и звук прекращается. Предусмотреть схему сброса микроконтроллера от отдельной кнопки.

Б) Повторить п.А, заменив динамик на два 7-сегментные индикаторы и добавить еще одну кнопку. При нажатии первой кнопки на индикаторах высвечивается дата дня вашего рождения, а при нажатии второй – месяц. При отпускании кнопок на индикаторах высвечиваются нули.