



Кафедра ИУ6

Компьютерные системы и сети

Конструирование и технология производства вычислительной техники

Д.В. Пешков

Е.Ю. Оболенская

Методические указания к лабораторной работе №1.2

“Освоение методики создания библиотеки
компонентов и принципиальной схемы”

Москва, 2026

Цель работы

Приобретение практических навыков создания принципиальных электрических схем в среде KiCad, изучение физических принципов работы электронных компонентов и освоение методов организации многостраничного проекта.

Знания и модели, полученные на данном занятии, будут использоваться на дальнейших лабораторных работах курса.

Занятие проводится с использованием системы автоматического проектирования KiCad.

Объём работы: 2 ак. часа.

Теоретическая часть

В рамках данной работы продолжается работа над созданием стенда для отладки электронных устройств на базе микроконтроллера Atmega8515. Данная работа посвящена началу проектирования печатной платы для устройства. Эти работы будут проводиться в САПР KiCad.

Система автоматизированного проектирования KiCad представляет собой интегрированный программный комплекс с открытым исходным кодом, предназначенный для сквозного проектирования печатных плат. Сквозной цикл означает, что инженер имеет возможность пройти все этапы разработки в рамках одного инструмента: от создания принципиальной электрической схемы и выбора компонентов до трассировки проводников и генерации файлов для производства (Gerber).

Ключевая философия KiCad базируется на модульности и гибкости. Проект в KiCad — это совокупность взаимосвязанных данных: файл проекта (*.kicad_pro*), файлы схем (*.kicad_sch*) для каждого листа, библиотеки символов (*.kicad_sym*) и посадочных мест (*.pretty*).

DC/DC преобразователь

На входе устройство получает 9 В постоянного тока через коаксиальный разъем (Conn_01x02_Pin), при этом микроконтроллер ATmega8515 работает

при 5 В. Для понижения напряжения будет использоваться DC/DC преобразователь. Модель преобразователя в среде Proteus8 представлена на рисунке 1.

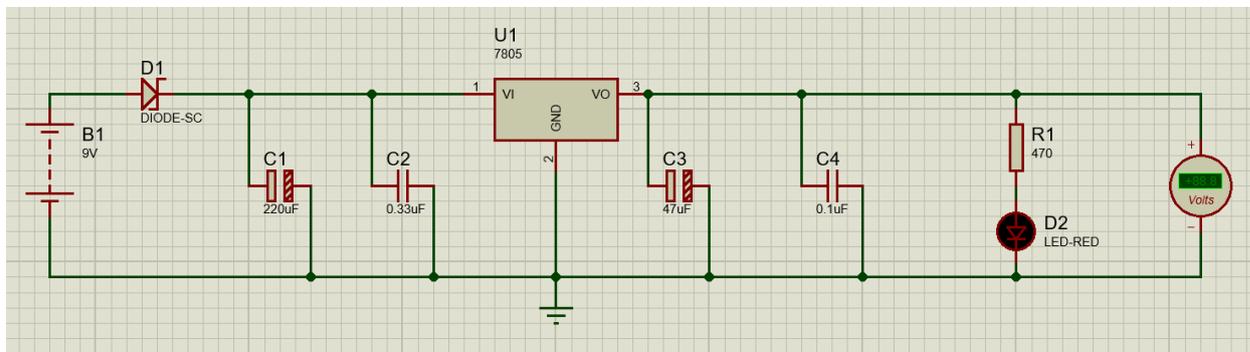


Рисунок 1 — Модель DC/DC-преобразователя с 9 до 5 В в среде Proteus

Первым элементом после разъёма включен диод Шоттки. В отличие от обычного диода с $p - n$ переходом, где проводимость основана на инжекции неосновных носителей, в диоде Шоттки используется переход металл-полупроводник. Основными носителями являются электроны со стороны полупроводника n – типа, которые переходят в металл, создавая ток.

Отсутствие неосновных носителей означает, что нет эффекта накопления заряда в базе, а значит, диод способен переключаться из проводящего состояния в непроводящее практически мгновенно (единицы наносекунд).

Однако в данной схеме ключевым является низкое прямое падение напряжения (VF), которое для выбранной модели 1N5819 при токе 1 А составляет около 0,3 – 0,4 В. Это в два-три раза меньше, чем у обычного кремниевого выпрямительного диода (1N4007, $VF \approx 0,7 - 1,0$ В).

Малое падение напряжения минимизирует потери мощности на диоде ($P = I \cdot VF$) и его нагрев. Функционально диод здесь выполняет защиту от переплюсовки: при неправильном подключении внешнего источника (минус на аноде, плюс на катоде) диод закрыт, и ток через схему не течет, предотвращая повреждение полярных конденсаторов и микросхем.

Далее в цепь подключен интегральный линейный стабилизатор LM7805. LM7805 относится к семейству трёхвыводных стабилизаторов положительного напряжения. Его внутренняя структура включает источник опорного напряжения, усилитель ошибки и проходной транзистор.

Принцип работы заключается в сравнении выходного напряжения (через делитель) с внутренним эталоном (около 2,5 В) и регулировке падения напряжения на проходном транзисторе таким образом, чтобы выходное напряжение поддерживалось на уровне 5 В независимо от колебаний входного напряжения и тока нагрузки (в пределах допустимых параметров).

Такая схема называется линейным стабилизатором, так как регулирующий элемент работает в линейном (активном) режиме, рассеивая избыточную мощность в виде тепла. Например, при входном напряжении 9 В и токе нагрузки 0,5 А на стабилизаторе падает 4 В, и рассеиваемая мощность составит 2 Вт, что требует теплоотвода (корпус ТО-220 позволяет установить радиатор).

Выбор конденсаторы в обвязке LM7805 обусловлен частотными свойствами.

Электролитические (полярные) конденсаторы С1 и С3 имеют большую ёмкость (обычно микрофарады и тысячи микрофарад) благодаря конструкции с оксидным слоем на алюминиевой фольге. Однако из-за скрученной в рулон структуры они обладают значительной эквивалентной последовательной индуктивностью (ESL) и сопротивлением (ESR), что делает их малоэффективными на высоких частотах (выше нескольких сотен килогерц).

С1 (входной) служит для сглаживания низкочастотных пульсаций входного напряжения, которые могут приходиться от внешнего источника, а также для компенсации бросков тока при подключении нагрузки. Если входная линия имеет индуктивность (длинные провода), без С1 возможно возникновение паразитных колебаний.

С3 (выходной) обеспечивает устойчивость работы стабилизатора и улучшает реакцию на резкие изменения тока нагрузки (переходные процессы).

При скачкообразном увеличении тока нагрузка в первую очередь берет энергию из конденсатора, давая время стабилизатору отреагировать.

Керамические (неполярные) конденсаторы C2 и C4 имеют принципиально иную природу. В них диэлектриком служит керамика, а обкладками — слои металла. Такая конструкция дает крайне малую паразитную индуктивность, поэтому они эффективны вплоть до десятков и сотен мегагерц. Их задачей является подавление высокочастотных помех.

Цифровые микросхемы, включая LM7805, потребляют ток короткими импульсами, что создает высокочастотные составляющие в шинах питания. Керамический конденсатор, установленный непосредственно у вывода, представляет собой низкоомный путь для этих составляющих на землю, шунтируя их и предотвращая проникновение в другие части схемы.

На практике всегда рекомендуется сочетать электролитический конденсатор большой емкости (для низких частот) и керамический малой емкости (для высоких частот) параллельно.

Резистор 470 Ом и светодиод, подключенные к выходу +5 В, выполняют функцию индикации наличия питания. Светодиод, как и любой полупроводниковый диод, имеет экспоненциальную вольт-амперную характеристику. При прямом смещении напряжение на нем в открытом состоянии изменяется мало (обычно 1,8 – 2,2 В для красных), а ток может неограниченно расти. Поэтому токоограничивающий резистор необходим для установки рабочего тока. Номинал рассчитывается по закону Ома:

$$R = \frac{U_{\text{пит}} - U_{\text{сд}}}{I_{\text{сд}}}$$

Для $U_{\text{пит}} = 5 \text{ В}$, $U_{\text{сд}} \approx 2 \text{ В}$ и токе 10 мА получаем $R \approx (5 - 2)/0,01 = 300 \text{ Ом}$.

Однако был выбран резистор номиналом 470 Ом. Это допускается, но нужно понимать, что это даст чуть меньший ток и яркость. Флаг PWR_FLAG, устанавливаемый на цепи после диода, является служебной меткой для программы проверки электрических правил (ERC), которая сообщает, что эта

цепь является источником питания и не требует подключения к другому источнику.

Микроконтроллер ATmega8515

Микроконтроллер ATmega8515 является 8-разрядным RISC-микроконтроллером семейства AVR. Он содержит центральный процессор, Flash-память, SRAM и набор периферийных модулей: порты ввода-вывода, таймеры, UART, SPI и другие.

Для работы цифрового ядра требуется тактовый сигнал. Для лабораторной установки используется внешний кварцевый резонатор с конденсаторами для обеспечения точной и стабильной частоты. Кварцевый резонатор основан на пьезоэлектрическом эффекте: при приложении переменного напряжения к пластине кварца она начинает механически колебаться, и частота этих колебаний определяется геометрическими размерами и срезом кристалла. На частоте механического резонанса эквивалентное электрическое сопротивление резонатора минимально, и схема с подключенными конденсаторами образует резонансный контур, поддерживающий колебания.

Конденсаторы 22 пФ, совместно с паразитными емкостями монтажа и входными емкостями выводов микроконтроллера (XTAL1, XTAL2), образуют емкостную нагрузку, необходимую для точной настройки частоты. Их номинал выбирается в соответствии с рекомендациями производителя резонатора и микроконтроллера. Выводы 2 и 4 резонатора обычно соединены с землей для экранирования.

Цепь сброса (RESET) микроконтроллера активна при низком логическом уровне. Для предотвращения случайных сбросов от помех этот вывод подтянут резистором 10 кОм к шине +5 В (pull-up, подтягивающий резистор).

Кнопка, подключенная к этой линии и земле, позволяет принудительно установить низкий уровень, вызвав программный сброс. Резистор 10 кОм выбран как компромисс между надежной фиксацией уровня и минимальным

потреблением тока: в состоянии покоя ток через резистор составляет всего $5 \text{ В} / 10 \text{ кОм} = 0,5 \text{ мА}$.

Порты микроконтроллера (PB, PD, PC) являются многофункциональными. В данной работе:

PB0, PB1 сконфигурированы как выходы для управления светодиодами. Они могут выдавать логическую «1» (+5 В) или «0» (0 В). Ток, который может отдавать или принимать вывод, ограничен, поэтому светодиоды подключаются через резисторы, ограничивающие ток до безопасных значений.

PB2, PB3 настроены как входы для чтения состояния кнопок. Подтягивающие резисторы 1 кОм к +5 В обеспечивают на входе высокий уровень, когда кнопка не нажата. При нажатии кнопка замыкает вход на землю, и напряжение становится низким. Резистор 1 кОм здесь выполняет двойную функцию: подтяжка и защита от короткого замыкания при нажатии. Важно понимать, что внутренние подтягивающие резисторы AVR можно включить программно, но в схеме использованы внешние для наглядности.

PB5, PB6, PB7 задействованы в интерфейсе SPI (программатор). Это выводы MOSI (Master Out Slave In), MISO (Master In Slave Out) и SCK (Serial Clock). Резисторы 100 Ом в этих цепях выполняют роль демпфирующих, то есть согласуют волновое сопротивление линии связи и уменьшают выбросы и звон сигналов, возникающие из-за отражений на высоких частотах программирования.

PD0, PD1 используются для UART. Это линии RX (приём) и TX (передача).

PD3, PD4 задействованы для USB. Это линии общего назначения, подключенные к разъему USB для реализации программного USB, и поэтому они также соединены через резисторы 22 Ом для согласования и ограничения тока.

PC0-PC6 используются для управления семисегментным индикатором. Каждый сегмент представляет собой светодиод, поэтому для каждого вывода порта (катод сегмента) необходим свой токоограничивающий резистор 220 Ом.

Индикатор с общим анодом подключен к +5 В, а управление осуществляется подачей низкого уровня на соответствующий вывод порта, чтобы зажечь сегмент.

Интерфейсы связи и протоколы

В схеме задействованы три цифровых интерфейса: UART, SPI и USB.

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) — это асинхронный последовательный интерфейс, который используется для связи двух устройств. Асинхронность означает, что отдельная линия тактового сигнала отсутствует. Передатчик и приемник должны быть предварительно настроены на одинаковую скорость передачи (бод). Формат передачи включает стартовый бит (всегда логический 0), который сигнализирует приемнику о начале посылки, затем 5-9 бит данных, возможно бит четности и стоповый бит (логическая 1), обеспечивающий паузу.

Вывод интерфейса UART позволяет подключить внешний преобразователь USB-UART и организовать обмен данными с компьютером. UART прост в реализации и широко применяется для отладки и взаимодействия с периферийными модулями.

SPI (Serial Peripheral Interface) — это синхронный последовательный интерфейс, предназначенный для высокоскоростной связи между микроконтроллером и периферийными устройствами. Интерфейс использует четыре линии: SCK (тактовый сигнал, генерируется мастером), MOSI (данные от мастера к устройству), MISO (данные от устройства к мастеру) и SS (выбор устройства; здесь линия RESET используется для перевода микроконтроллера в режим программирования).

Синхронность обеспечивается тактовым сигналом, то есть каждый бит данных передается по фронту или спаду SCK, что позволяет достигать высоких скоростей без необходимости точного согласования скоростей, как в UART. Протокол программирования AVR через SPI (ISP — In-System Programming) позволяет записывать программу во Flash-память микроконтроллера непосредственно в собранном устройстве. Резисторы 100

Ом на линиях SPI сглаживают фронты импульсов, уменьшая электромагнитные помехи.

USB (Universal Serial Bus) — более сложный протокол. В схеме используется разъем USB B (Micro), подключенный напрямую к выводам порта PD3 и PD4 через резисторы 22 Ом. Это нестандартное включение, подразумевающее, что микроконтроллер будет эмулировать USB-устройство программно. USB-связь дифференциальная, что означает, что данные передаются по двум линиям D+ и D- как разность потенциалов. Резисторы 22 Ом на этих линиях необходимы для согласования волнового сопротивления кабеля и уменьшения отражений. Варисторы, подключенные к этим линиям, защищают входы микроконтроллера от электростатических разрядов, которые могут возникать при касании разъема человеком.

Варистор является полупроводниковым прибором, сопротивление которого резко падает при превышении порогового напряжения. В нормальном состоянии он практически не влияет на сигнал, но при импульсе высокого напряжения открывается и отводит ток на землю. Конденсатор 100 нФ на линии VBUS фильтрует высокочастотные помехи, поступающие от компьютера. Полипредохранитель (F1) защищает как схему устройства, так и порт компьютера от перегрузки по току; при коротком замыкании он нагревается и разрывает цепь, восстанавливаясь после охлаждения.

Периферийные узлы

Помимо светодиодов и кнопок, в состав периферии входят семисегментный индикатор и разъемы. Семисегментный индикатор с общим анодом HDSP-7501 содержит восемь светодиодов (семь сегментов и точка). В профессиональных устройствах для экономии выводов применяют динамическую индикацию.

Более подробно эти темы будут раскрываться и изучаться в дисциплине «Микропроцессорные системы».

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Создание структуры проекта и библиотек

- 1) Файл → Создать проект → "Stand_IU6.kicad_pro".
- 2) Откройте редактор символов.
- 3) Создайте пользовательскую библиотеку символов (Файл → Создать библиотеку → Проект → "LIB_IU6.kicad_sym".
- 4) Закройте редактор символов. Убедитесь, что библиотека прикрепилась к проекту (Настройки → Менеджер библиотек символов символов → Библиотеки проекта).
- 5) Откройте редактор посадочных мест.
- 6) Создайте пользовательскую библиотеку посадочных мест (Файл → Создать библиотеку → Проект → "LIB_IU6.pretty".
- 7) Закройте редактор посадочных мест. Убедитесь, что библиотека прикрепилась к проекту (Настройки → Менеджер библиотек посадочных мест → Библиотеки проекта).

Создание собственного символа

- 1) В главном окне KiCad нажать на иконку «Редактор символов» или выбрать меню Инструменты → Редактор символов.
- 2) Выбрать пользовательскую библиотеку и создать новый символ LED_IU6 с обозначением VD.
- 3) Выбрать операцию «Таблица выводов». Добавить 2 вывода:
 - a. анод (входной вывод)
 - b. катод (пассивный вывод)
- 4) Разместить выводы так, чтобы названия были читаемы.
- 5) С помощью инструментов «Многоугольник» и «Линия» начертить УГО элемента (рисунок 2).

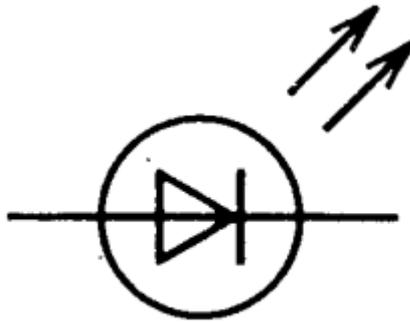


Рисунок 2 – УГО светодиода по ГОСТ 2.730-73. Допускается изображение без окружности

Разработка схемы питания

1) Откройте редактор схем. С помощью операции «Чертить иерархические листы» создайте новый лист «Питание» (файл Power.kicad_sch).

2) Разместите разъём питания *Connector:Conn_01x02_Pin* (Jack 2.1 mm). Один выход соедините с землей (создайте общую линию для земли на схеме).

3) В соответствии с рисунком 2 создайте схему DC/DC преобразователя 9V-5V:

а. Разместите на схеме стабилизатор *Regulator_Linear:LM7805_TO220*.

б. Разместите на схеме диод Шоттки 1N5819 (40 V, 1 A). Анод соедините с плюсом разъёма питания, катод соедините с входным пином стабилизатора.

в. Разместите полярные (электролитические) конденсаторы C1, C3 (символ *C_Polarized*). Обращайте внимание на порядок соединения выходов. Ёмкость задайте в поле *Значение / Value*.

г. Разместите неполярные (керамические) конденсаторы C2, C4 (символ *C*). Ёмкость задайте в поле *Значение / Value*.

д. Соедините конденсаторы в соответствии с теоретической частью методических указаний к лабораторной работе.

- 4) Продлите цепь на выходе стабилизатора (вывод 3).
- 5) Добавьте резистор (470 Ом) и светодиод к выходу стабилизатора.
- 6) Добавьте метки:
 - a. На выходе стабилизатора укажите глобальную метку питания +5V—< Фамилия студента >.
 - b. На цепи после диода (но **до стабилизатора**) поставьте флаг PWR_FLAG (инструмент «Разместить символы питания»). Эта метка служит для описания внешнего источника питания или соединения.
 - c. Добавьте две метки GND на общую землю (обычную и глобальную).
- 7) Проверьте, что схема создана корректно. Для этого воспользуйтесь инструментом «Проверка электрических правил».

Разработка схемы микроконтроллера

- 1) Вернитесь на корневой лист. С помощью операции «Чертить иерархические листы» создайте новый лист «Микроконтроллер» (файл MCU.kicad_sch).
- 2) Разместите символ микроконтроллера ATmega8515-16PU (*MCU_Microchip_ATmega:ATmega8515-16PU*).
- 3) Разместите символ кварцевого резонатора *Crystal_GND24*.
 - a. Разместите два неполярных конденсатора ёмкостью 22 пФ.
 - b. Соедините выводы резонатора 1 и 3 с XTAL1, XTAL2 соответственно. К этим же выводам подключите конденсаторы.
 - c. Заземлите оставшиеся выводы конденсаторов и выводы 2 (и 4, если он есть).
- 4) На вывод 9 (\overline{RESET}) подключите резистор R (10 кОм) к +5V. От этой же цепи сделайте отвод с глобальной меткой $nRESET$ и кнопкой *Switch:SW_Push* (один контакт к $nRESET$, другой к GND)
- 5) Соедините с глобальными метками выводы питания и заземления микроконтроллера.

6) Добавьте глобальные двунаправленные метки для портов. Включите свою фамилию в название метки.

7) Проверьте, что схема создана корректно. Для этого воспользуйтесь инструментом «Проверка электрических правил». Могут возникнуть предупреждения из-за неиспользуемых меток портов.

Разработка схемы периферии

1) Вернитесь на корневой лист. С помощью операции «Чертить иерархические листы» создайте новый лист «Периферия» (файл `Periphery.kicad_sch`).

2) Разместите 2 светодиода (*LED*) и 2 кнопки (*SW_Push*). Разместите 4 резистора (2 номиналом 220 Ом – последовательно с светодиодами; 2 номиналом 1 кОм – подтягивающие для кнопок). Подсоедините элементы к GND и +5V.

3) Соедините светодиоды с глобальными метками выходов PB0, PB1.

4) Соедините кнопки с глобальными метками выходов PB2, PB3.

5) Добавьте разъём UART на лист:

a. Разместите разъём `Conn_01x04`.

b. Соедините выводы:

i. Вывод разъёма RX (вывод 4) → глобальная метка PD0 (RX микроконтроллера).

ii. Вывод разъёма TX (вывод 3) → глобальная метка PD1 (TX микроконтроллера).

iii. Вывод разъёма 2 → +5V.

iv. Вывод разъёма 1 → GND.

6) Добавьте разъём USB на лист (рисунок 3):

a. Разместите разъём `USB_B_Micro`.

b. Соедините выводы:

i. Вывод разъёма VBUS (вывод 1) → полипредохранитель F1 → глобальная метка +5V.

- ii. Вывод разъёма D- (вывод 2) → резистор номиналом 22 Ом → глобальная метка PD3.
- iii. Вывод разъёма D+ (вывод 3) → резистор номиналом 22 Ом → глобальная метка PD4.
- iv. Вывод разъёма ID (вывод 4) → метка «Нет соединения».
- v. Выводы разъёма 5 и 6 → GND.
- vi. К выходам 3 и 2 добавьте варисторы, как изображено на рисунке X. Около метки +5V добавьте неполярный конденсатор ёмкостью 100 нФ.

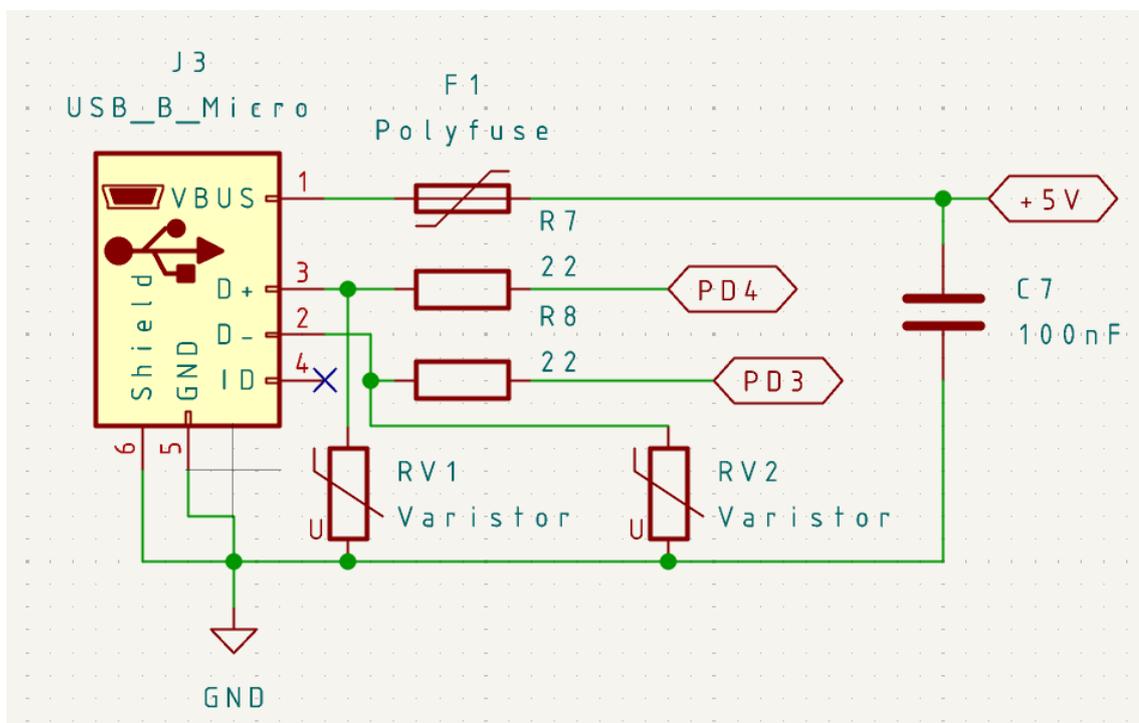


Рисунок 3 – Схема подключения разъёма USB тип micro B

- 7) Добавьте разъём программатора на лист (рисунок 4):
 - a. Разместите разъём Conn_01x06.
 - b. Соедините выводы:
 - i. Вывод разъёма MOSI (вывод 1) → резистор 100 Ом → глобальная метка PB5.
 - ii. Вывод разъёма VCC (вывод 2) → глобальная метка +5V.
 - iii. Вывод разъёма SCK (вывод 3) → резистор 100 Ом → глобальная метка PB7.

- iv. Вывод разъёма MISO (вывод 4) → резистор 100 Ом → глобальная метка PB6.
- v. Вывод разъёма RESET (вывод 5) → резистор 100 Ом → глобальная метка nRESET.
- vi. Вывод разъёма GND (вывод 6) → GND.

Обратите внимание: на контакте RESET уже есть подтягивающий резистор 10 кОм к и кнопка сброса. Это допустимо, так как программатор обычно имеет выход с открытым коллектором и может притягивать линию к земле для инициализации режима программирования. Дополнительных резисторов не требуется.

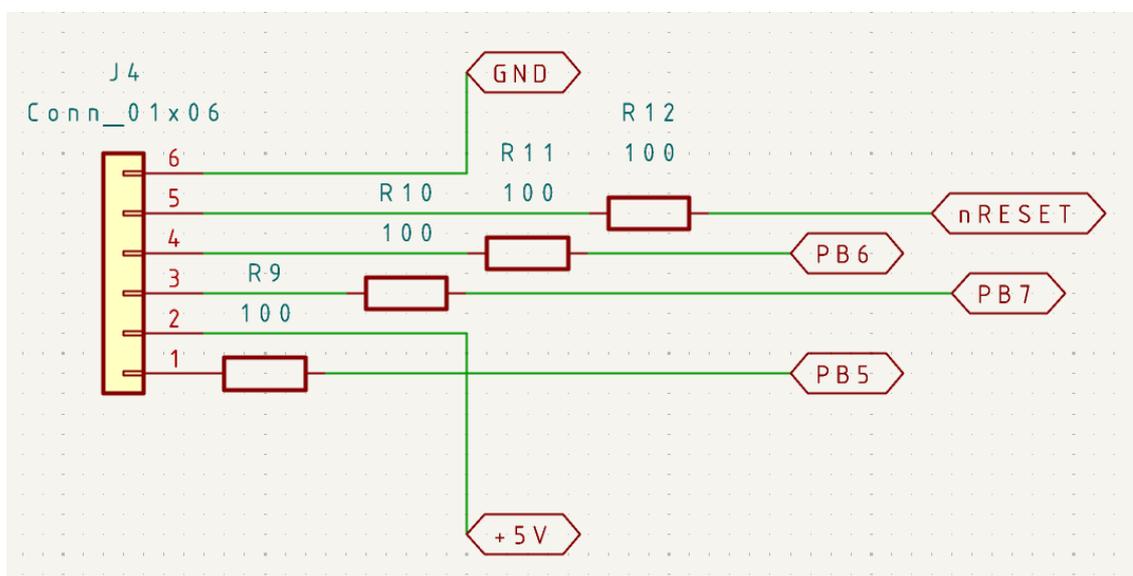


Рисунок 4 – Схема подключения разъёма программатора

- 8) Добавьте семисегментный индикатор на лист (рисунок 5).
 - a. Разместите семисегментный индикатор с общим анодом HDSP-7501.
 - b. Соедините выводы А, В, С, D, Е, F через резисторы номиналом 220 Ом с глобальными метками PC0 – PC6.
 - c. Соедините выводы 1 и 6 с +5V.

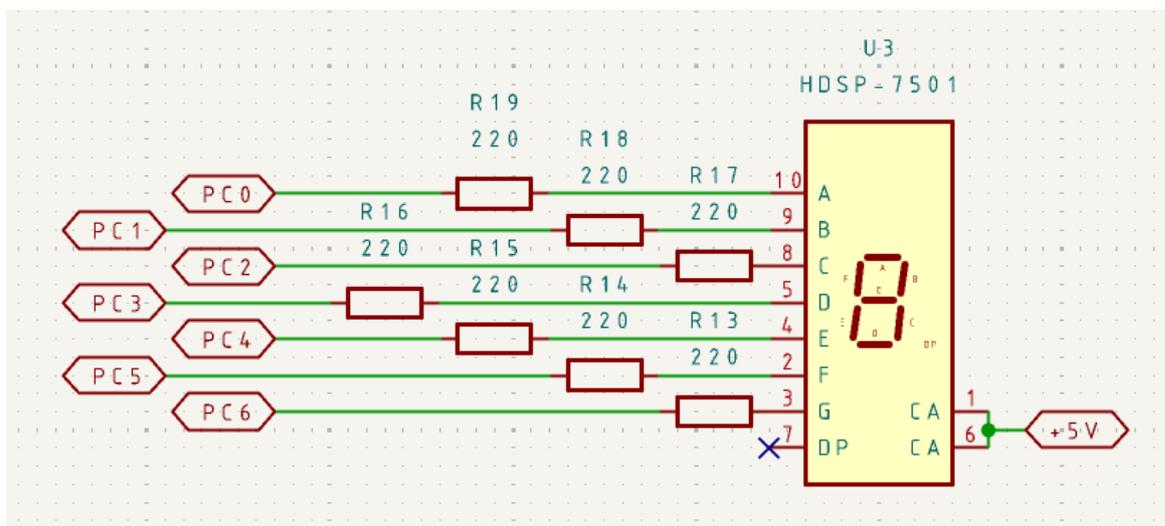


Рисунок 5 – Схема подключения семисегментного индикатора

Создание документации к схемам

- 1) Вернитесь на корневой лист.
- 2) Проверьте, что схема создана корректно. Для этого воспользуйтесь инструментом «Проверка электрических правил». Могут возникнуть предупреждения из-за неиспользуемых меток портов.
- 3) Экпортируйте перечень элементов с помощью инструмента «Сформировать перечень элементов (BOM)».
- 4) По полученному перечню создайте и заполните перечень элементов на корневом листе в соответствии с ГОСТ (инструмент «Чертить таблицы»).
- 5) Укажите рамку для схем (инструмент «Параметры листа», укажите галку «Для всех листов»). Все листы оформите в формате А4 (вертикальные). Выберите ГОСТовские рамки (%Место установки KiCad%\share\kicad\template\gost_portrait.kicad_wks), заполните основную надпись.
- 6) Экпортируйте список цепей (Файл → Экспорт → Список цепей).
- 7) Выполните черчение (инструмент «Чертить», формат pdf).

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчёт должен содержать следующие элементы:

- цель работы и выводы;
- изображение корневого листа;
- копии экранных форм со схемами каждого из разработанных листов
- результаты проверки электрических правил.

Отчёт по лабораторной работе загрузить на сайт кафедры. К отчёту прикрепить полученную схему в формате .pdf, а также список цепей в формате .net.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1) В чем заключается принципиальное отличие диода Шоттки от обычного кремниевого диода (p-n перехода)?

2) Какую функцию выполняет каждый тип конденсаторов и почему необходимо использовать их в паре, а не только электролиты большой емкости?

3) С какой целью схема была разбита на несколько иерархических листов («Питание», «Микроконтроллер», «Периферия»)? Как осуществляется связь между этими листами?

4) Опишите назначение кварцевого резонатора и двух конденсаторов на 22 пФ, подключенных к выводам XTAL1 и XTAL2 микроконтроллера. Что произойдет, если не подключить эти конденсаторы?

5) Рассмотрите цепь сброса (RESET). Почему резистор R на 10 кОм называется «подтягивающим» (pull-up)? Какой уровень сигнала будет на выводе RESET при нажатой и отжатой кнопке, и почему выбран именно такой номинал (10 кОм)?

6) В цепях линий данных USB (D+, D-) и сигналов программатора (MOSI, MISO, SCK) установлены резисторы небольших номиналов (22 Ом и

100 Ом соответственно). Какую функцию они выполняют и почему в цепях подключения светодиодов или кнопок такие резисторы не используются?

7) Опишите последовательность действий по созданию собственного символа светодиода LED. Какие типы выводов были назначены аноду и катоду и почему?

8) Какие ошибки или предупреждения можно обнаружить с помощью инструмента «Проверка электрических правил» в данной работе? Приведите пример хотя бы одной потенциальной ошибки, связанной с подключением питания или выходов микроконтроллера.