



МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(МАДИ)

Кафедра «Автоматизированные системы управления»

ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Учебно-методическое пособие

МОСКВА
МАДИ
2023

УДК: 004.382.7
ББК 32.973.26-04
П784

Утверждено в качестве учебно-методического пособия редсоветом МАДИ

Авторы:

О.И. Максимычев, В.А. Виноградов,
Н.В. Гапшин, А.А. Самодин

П784 **Программирование микроконтроллеров:** учебно-методическое пособие / О.И. Максимычев [и др.]. – М.: МАДИ, 2023. – 76 с.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы, связанные с программированием микроконтроллеров (однокристальных микро-ЭВМ), применяемых в системах автоматического управления оборудованием. Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальностям «Информатика и вычислительная техника» 09.03.01, 09.04.01 Магистр и «Информационные системы и технологии» 09.03.02 Бакалавр, «Электрооборудование автомобилей и электромобили» 13.04.02 Магистр. Может быть использовано инженерами и аспирантами, занимающимися вопросами программирования микроконтроллеров для встраиваемых систем управления оборудованием.

УДК: 004.382.7
ББК 32.973.26-04

Учебное издание

МАКСИМЫЧЕВ Олег Игоревич
ВИНОГРАДОВ Вадим Алексеевич
ГАПШИН Николай Владимирович
САМОДИН Александр Анатольевич

ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Редактор Середина Г.Н.

Редакционно-издательский отдел МАДИ. E-mail: rio.madi@mail.ru

Подписано в печать 02.06.2023 г. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 4,75. Тираж 100 экз. Заказ .

МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский пр-т, 64.

© МАДИ, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПЛАТФОРМА ARDUINO	6
1.1. Аппаратная часть ARDUINO.....	6
1.2. Датчики и периферийные устройства	18
1.3. Программное обеспечение и средства разработки для платформы Arduino	27
1.4. Альтернативные среды разработки для Ардуино	33
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ».....	41
2.1. Лабораторная работа №1. Управление группой светодиодов, подключенных к цифровым портам микроконтроллера	41
2.2. Лабораторная работа № 2. Управление семисегментным светодиодным индикатором, подключенным к цифровым портам микроконтроллера.....	45
2.3. Лабораторная работа № 3. Изучение работы жидкокристаллических дисплеев	53
2.4. Лабораторная работа № 4. Измерение значений температуры, влажности и атмосферного давления с помощью датчиков DHT-11, BMP180	57
2.5. Лабораторная работа № 5. Измерение значений температуры, влажности и уровня содержания углекислого газа в помещении с помощью датчиков DHT-11, MQ-135	61
2.6. Лабораторная работа № 6. Измерение расстояния до препятствия с помощью ультразвукового датчика HC-SR04.....	66
2.7. Лабораторная работа № 7. Управление электродвигателем (сервоприводом) с помощью джойстика	69
2.8. Лабораторная работа № 8. Изучение работы датчика определения координат GPS NEO 6M V2	73
3. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ.....	76

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое распространение получили микроконтроллеры различных производителей, которые уже смонтированы на макетную плату. Помимо самого контроллера на макетную плату устанавливаются все необходимые элементы для работы микроконтроллера. Как правило, плата спроектирована таким образом, что позволяет подключать модули расширения как бутерброд, один поверх другого.

Количество выпускаемых модулей расширения растет из года в год. И сейчас, пожалуй, есть модули на любой вкус и, что немаловажно, на любой кошелек. Помимо модулей расширения выпускается огромное количество датчиков, как цифровых, так и аналоговых, для работы с различными типами микроконтроллеров.

Еще одним достоинством подхода выпускать микроконтроллер на макетной плате явилось удобство подключения различных устройств к нему, что привело к появлению большого количества модулей связи, которые работают по разным протоколам и позволяют связать устройство на микроконтроллере с датчиками, по радиоканалу, Wi-Fi, Bluetooth. Объем оперативной памяти и быстродействие современных контроллеров позволяют подключать их по протоколу Ethernet к локальным и глобальным сетям.

Также для микроконтроллеров, выпускаемых в виде макетных плат, разработано и выпускается большое количество таких устройств, как дисплеи (светодиодные, жидкокристаллические, на органических светодиодах, матричные и знаковосинтезирующие, графические и даже сенсорные), исполнительные механизмы (электродвигатели, включая шаговые, реле, в том числе твердотельные), запоминающие устройства на основе SD карт и многое другое.

Наиболее распространенными являются контроллеры в формате макетной платы, и необходимо отметить, что наиболее удачными являются микроконтроллеры Atmega, выпускаемые компанией Microchip. Хотя сам проект создания удобных для программирования и прототипирования различных разработок никакого отношения к компании Microchip не имеет. Проект получил название Arduino.

История проекта начинается с курсов человеко-машинного интерфейса под брендом Interaction Design Institute Ivrea, существовавших в начале 2000-х годов в городке Ивреа в Италии. Для обучения использовались модули под брендом BASIC Stamp, стоившие около 50 долларов. В 2003 году Эрнандо Барраган (Hernando Barragán) в рамках учебной работы

создает первоначальную версию новой программно-аппаратной платформы Wiring.

Целью проекта было создание дешевой и простой среды для начального обучения программированию. В том же году Массимо Банци, Дэвид Меллис и Давид Куартилье делают ответвление от Wiring.

Первоначальная команда «Ардуино» состояла из Массимо Банци, Давида Куартилье, Тома Иго, Джанлука Мартино и Дэвида Меллиса. В начале 2008 года пять соучредителей проекта Arduino создали компанию Arduino LLC, которой принадлежали авторские права и торговые марки компании, зарегистрированные в США. Производством занимались другие компании, перечислявшие Arduino LLC платежи за использование авторских прав. В том же году Джанлука Мартино, втайне от компаньонов, регистрирует на свою компанию Smart Projects (позднее переименованную в Arduino SRL) часть торговых марок Ардуино в некоторых странах. В 2015 году начинаются судебные тяжбы Arduino LLC против Arduino SRL. В 2016 году конфликт разрешается путем слияния обеих компаний с образованием компании Arduino AG.

Как бы то ни было, в результате появилась удобная в использовании аппаратно-программная платформа Arduino, предназначенная по замыслу разработчиков прежде всего для обучения программированию. Но ряд технологических решений, заложенных в конструкцию устройства, таких как наличие программного загрузчика и аппаратного интерфейса USB для связи с компьютером, позволяет записывать программу, которая разработана в IDE на компьютере непосредственно в память микроконтроллера без использования программатора. Такая возможность делает платформу привлекательной для разработчиков различной техники, в основе конструкции которой лежит использование микроконтроллера.

1. ПЛАТФОРМА ARDUINO

Arduino – это электронный конструктор и удобная платформа быстрой разработки электронных устройств для новичков и профессионалов. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Устройство программируется через USB без использования программаторов.

Arduino позволяет компьютеру выйти за рамки виртуального мира в физический мир и взаимодействовать с ним. Устройства на базе Arduino могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков, а также могут управлять различными исполнительными устройствами.

Микроконтроллер на плате программируется при помощи языка Arduino (основан на языке Wiring) и среды разработки Arduino (основана на среде Processing). Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно, либо же взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере (например, Flash, Processing, MaxMSP). Платы могут быть собраны пользователем самостоятельно или куплены в сборе. Программное обеспечение доступно для бесплатного скачивания. Исходные чертежи схем (файлы CAD) являются общедоступными, пользователи могут применять их по своему усмотрению.

1.1. Аппаратная часть ARDUINO

Существует довольно много аппаратных платформ, которые созданы на различных микроконтроллерах и ориентированных на выполнение различных задач. Рассмотрим технические характеристики наиболее распространенных.

Arduino Uno – контроллер построен на ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых входов/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

В отличие от всех предыдущих плат, использовавших FTDI USB микроконтроллер для связи по USB, новый Arduino Uno использует микроконтроллер ATmega8U2.

Uno переводится как «один» с итальянского, и разработчики тем самым намекают на грядущий выход Arduino 1.0. Новая плата стала флагманом линейки плат Ардуино.



Рис. 1.1. Внешний вид платы Arduino Uno

Arduino Uno может получать питание через подключение USB или от внешнего источника питания. Источник питания выбирается автоматически.

Таблица 1

Технические характеристики Arduino Uno

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые входы/выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Флеш-память	32 Кб (ATmega328), из которых 0,5 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактовая частота	16 МГц

Внешнее питание (не USB) может подаваться через преобразователь напряжения AC/DC (блок питания) или аккумуляторной батареей. Преобразователь напряжения подключается посредством разъема 2.1 мм с центральным положительным полюсом. Провода от батареи подключаются к выводам Gnd и Vin разъема питания.

Платформа может работать при внешнем питании от 6 до 20 В. При напряжении питания ниже 7 В, вывод 5V может выдавать менее 5 В, при этом платформа может работать нестабильно. При использовании напряжения выше 12 В регулятор напряжения может перегреться и повредить плату. Рекомендуемый диапазон от 7 до 12 В.

На платформе Arduino Uno установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, другими устройствами Arduino или микроконтроллерами. ATmega328 поддерживает последовательный интерфейс UART TTL (5 В), осуществляемый выводами 0 (RX) и 1 (TX). Установленная на плате микросхема ATmega8U2 направляет данный интерфейс через USB, программы на стороне компьютера «общаются» с платой через виртуальный COM порт. Прошивка ATmega8U2 использует стандартные драйвера USB COM, никаких сторонних драйверов не требуется, но на ОС Windows для подключения потребуется файл ArduinoUNO.inf. Мониторинг последовательной шины (Serial Monitor) программы Arduino IDE позволяет посылать и получать текстовые данные при подключении к платформе. Светодиоды RX и TX на платформе будут мигать при передаче данных через микросхему FTDI или USB подключение (но не при использовании последовательной передачи через выводы 0 и 1).

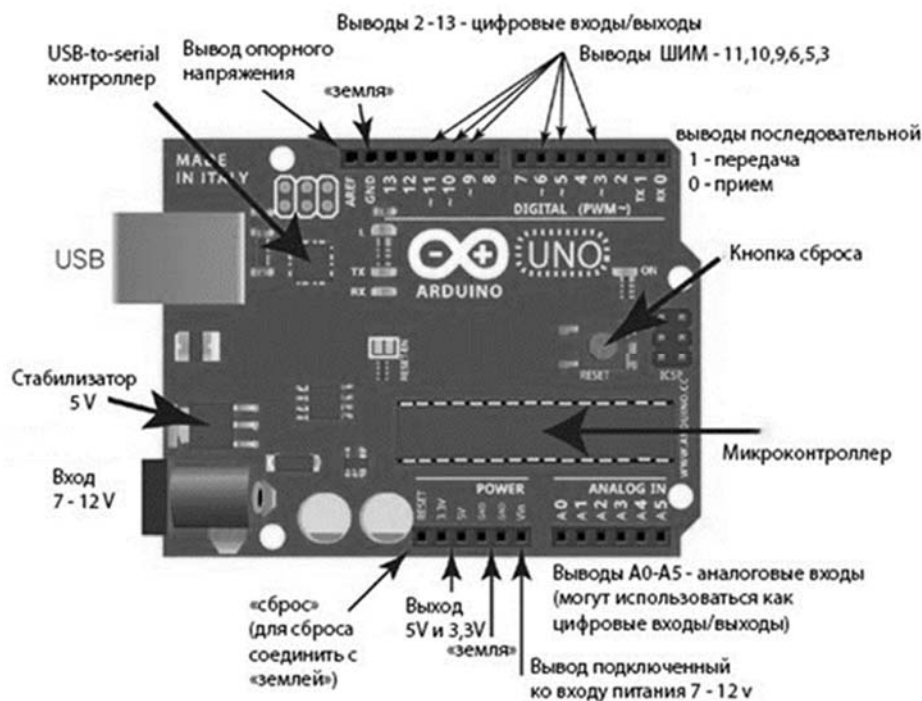


Рис. 1.2. Назначение выводов и разъемов платы Arduino Uno

Плата Arduino Uno получила очень широкое распространение и со временем у нее появилось большое количество клонов, которые выпускаются различными производителями, на различных типах микроконтроллеров, но обязательно производства Microchip.

Arduino Mega 2560 – построена на микроконтроллере ATmega2560. Плата имеет 54 цифровых входа/выхода (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, USB коннектор, разъем питания, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи адаптера AC/DC, или аккумуляторной батареей. Arduino Mega 2560 совместима со всеми платами расширения, разработанными для платформ Uno.

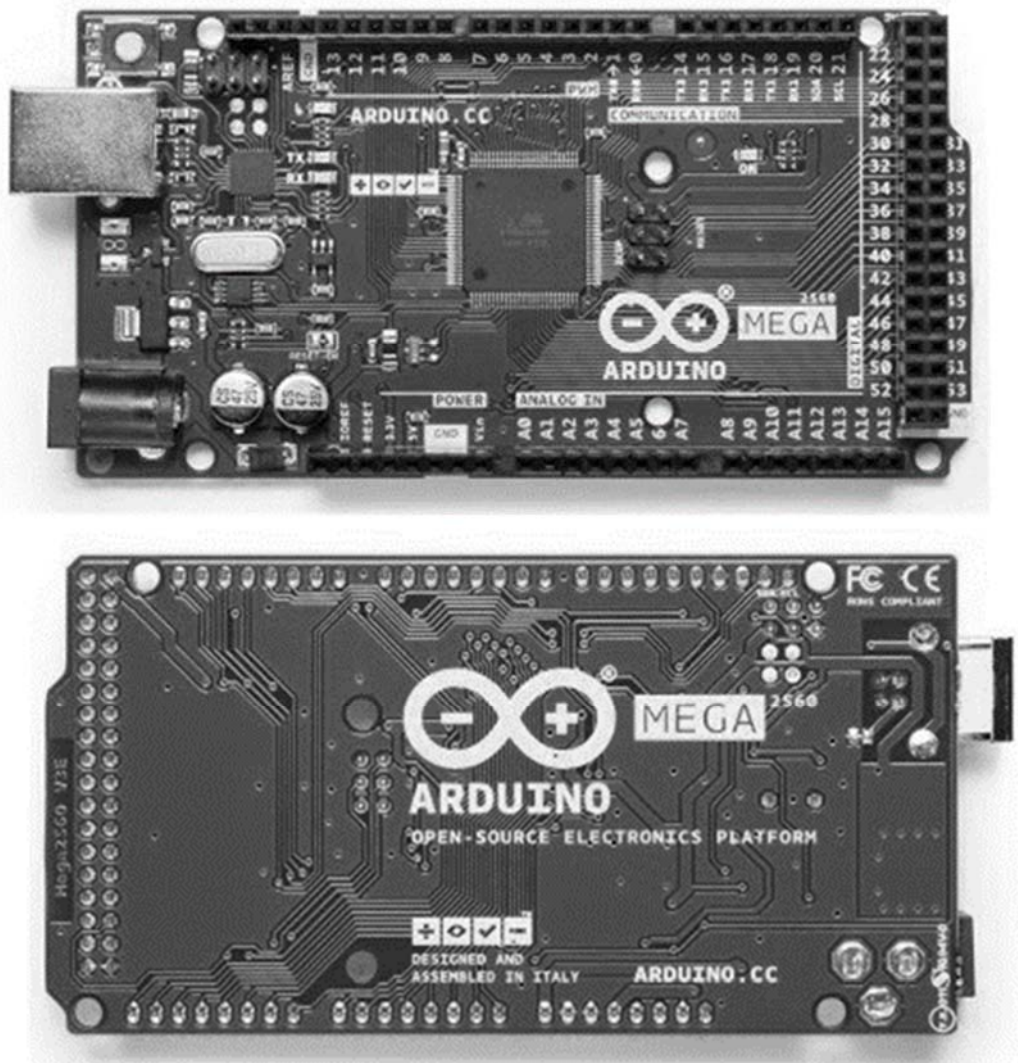


Рис. 1.3. Внешний вид платы Arduino Mega 2560

Технические характеристики Arduino Mega 2560

Микроконтроллер	ATmega2560
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые входы/выходы	54 (14 из которых могут работать также как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	16
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Флеш-память	256 КВ (из которых 8 КВ используются для загрузчика)
ОЗУ	8 КВ
EEPROM	4 КВ
Тактовая частота	16 МГц

Mega может получать питание как через подключение по USB, так и от внешнего источника питания. Источник питания выбирается автоматически.

Внешнее питание (не USB) может подаваться через преобразователь напряжения AC/ DC (блок питания) или аккумуляторной батареей. Преобразователь напряжения подключается посредством разъема 2.1 мм с положительным полюсом на центральном контакте. Провода от батареи подключаются к выводам Gnd и Vin разъема питания (POWER).

Платформа может работать при внешнем питании от 6 до 20 В. При напряжении питания ниже 7 В вывод 5V может выдавать менее 5В, при этом платформа может работать нестабильно. При использовании напряжения выше 12 В регулятор напряжения может перегреться и повредить плату. Рекомендуемый диапазон от 7 до 12 В.

Плата Mega 2560, в отличие от предыдущих версий плат, не использует FTDI USB микроконтроллер. Для обмена данными по USB используется микроконтроллер Atmega8U2, запрограммированный, как конвертер USB-to-serial.

На платформе Arduino Mega 2560 установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, другими устройствами Arduino или микроконтроллерами. ATmega2560 поддерживает 4 порта последова-

тельной передачи данных UART для TTL. Установленная на плате микросхема ATmega8U2 направляет один из интерфейсов через USB, предоставляя виртуальный COM порт программам на компьютере (машинам под управлением Windows для корректной работы с виртуальным COM портом необходим inf-файл, системы на базе OSX и Линукс, автоматически распознающий COM порт). Утилита мониторинга последовательной шины (Serial Monitor) среды разработки Arduino позволяет посылать и получать текстовые данные при подключении к платформе. Светодиоды RX и TX на платформе будут мигать при передаче данных через микросхему ATmega8U2 и USB подключение (но не при использовании последовательной передачи через выводы 0 и 1).

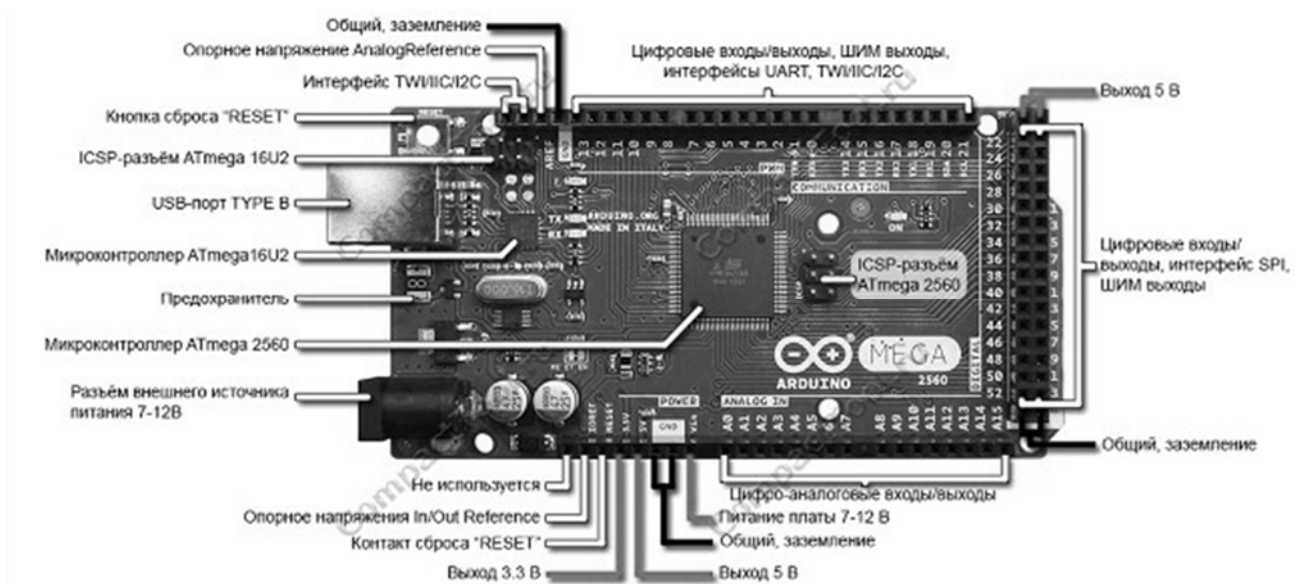


Рис. 1.4. Назначение выводов и разъемов платы Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 совместима со всеми платами расширения, разработанными для платформ Uno, Duemilanove или Diecimila. Расположение выводов 0-13 (и примыкающих AREF и GND), аналоговых входов 0-5, силового разъема, блока ICSP, порта последовательной передачи UART (выводы 0 и 1) и внешнего прерывания 0 и 1 (выводы 2 и 3) на Mega соответствует расположению на вышеприведенных платформах. Связь SPI может осуществляться через блок ICSP, как на платформах Duemilanove / Diecimila, так и на Mega 2560. Однако расположение выводов (20 и 21) связи I²C на платформе Mega не соответствует расположению тех же выводов (аналоговые входы 4 и 5) на Duemilanove / Diecimila.

Arduino Due – плата микроконтроллера на базе процессора Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Это первая плата Arduino на основе 32-битного микроконтроллера с ARM-ядром. На ней имеется 54 цифровых входа/выхода (из них 12 можно задействовать под выходы ШИМ), 12 аналоговых входов, 4 UARTa (аппаратных последовательных порта), а генератор тактовой частоты 84 МГц, связь по USB с поддержкой OTG, 2 ЦАП (цифро-аналоговых преобразователя), 2 TWI, разъем питания, разъем SPI, разъем JTAG, кнопка сброса и кнопка стирания.

В отличие от других плат Arduino, Arduino Due работает от 3,3 В. Максимальное напряжение, которое выдерживают входы/выходы, составляет 3,3 В. Подав более высокое напряжение, например, 5 В на выводы Arduino Due, можно повредить плату.

Плата содержит все, что необходимо для поддержки микроконтроллера. Чтобы начать работу с ней, достаточно просто подключить её к компьютеру кабелем микро-USB, либо подать питание с AC/DC преобразователя или батарейки. Due совместим со всеми платами расширения Arduino, работающими от 3,3 В, и с цоколевкой Arduino 1.0.

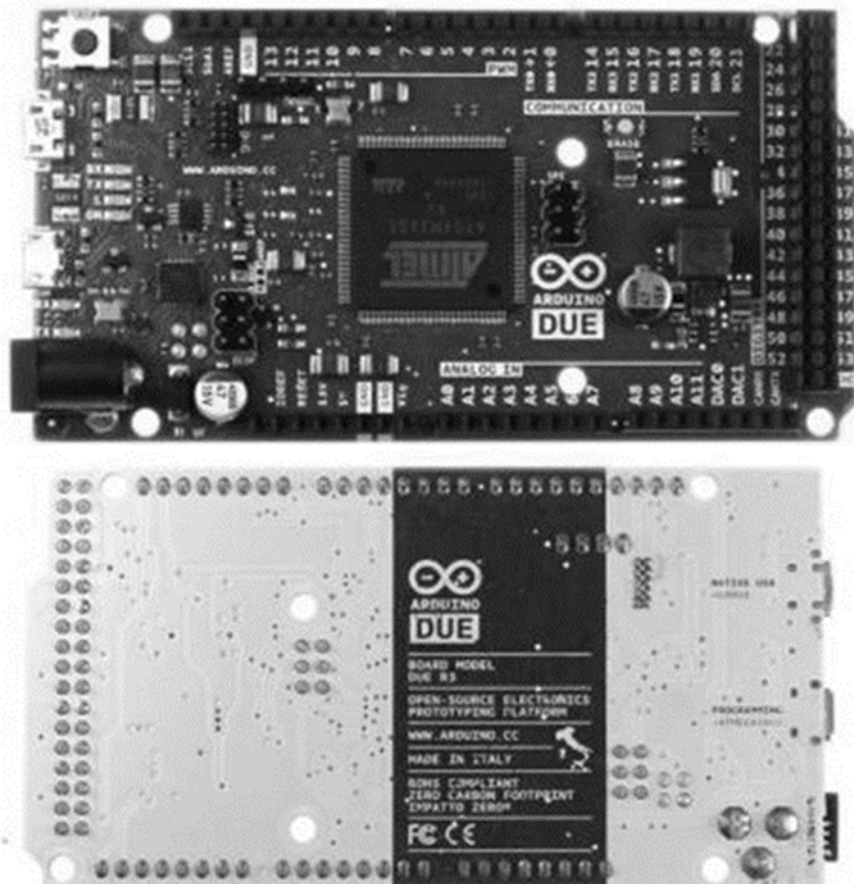


Рис. 1.5. Внешний вид платы Arduino DUE

Технические характеристики Arduino DUE

Микроконтроллер	AT91SAM3X8E
Рабочее напряжение	3,3 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые входы/выходы	54 (14 из которых могут работать также как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	12
Аналоговые выходы	2 (ЦАП)
Общий выходной постоянный ток на всех входах/выходах	50 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	800 мА
Постоянный ток через вывод 5 В	800 мА
Флеш-память	512 КБ доступно всего для пользовательских приложений
ОЗУ	96 КБ (два банка: 64 КБ и 32 КБ)
Тактовая частота	84 МГц

Питание Arduino Due может осуществляться через USB соединитель или с помощью внешнего источника питания. Выбор источника питания выполняется автоматически.

Внешним (не USB) источником питания может быть либо AC/DC преобразователь («wall wart» – адаптер в одном корпусе с вилкой), либо батарея. Адаптер подключается к разъему питания платы 2,1 мм штепсельной вилкой с центральным положительным контактом. Выводы батареи подключаются к контактам Gnd и Vin разъема POWER. Плата может функционировать при внешнем питании от 6 до 20 В.

Но если напряжение питания опускается ниже 7 В, на выводе 5 В может оказаться меньше пяти вольт, и плата будет работать нестабильно. Если же подается напряжение более 12 В, может перегреться стабилизатор напряжения, что приведет к повреждению платы. Рекомендуемый диапазон напряжений – от 7 до 12 В.

Флеш-память SAM3X составляет 512 КБ (2 блока по 256 КБ) и предназначена для хранения программ. Загрузчик (бутлоудер) записывается Atmel при производстве и хранится в специально отведенном для него ПЗУ. Доступный объем ОЗУ составляет 96 КБ в двух смежных банках – 64 КБ и 32 КБ. Вся доступная память (флеш-память, ОЗУ и ПЗУ) может адресоваться напрямую как плоское адресное пространство.

Существует возможность стереть флеш-память SAM3X с помощью встроенной кнопки стирания. При этом из микропроцессора удалится текущая загруженная программа. Для стирания нажмите и несколько секунд удерживайте кнопку стирания при включенном питании платы.

В Arduino Due есть ряд средств для взаимодействия с компьютером, платами Arduino и другими микроконтроллерами, а также различными устройствами, такими как телефоны, планшеты, фотокамеры и т.п. SAM3X имеет один аппаратный UART и три аппаратных USART'а для последовательной связи TTL-уровня (3,3 В).

Порт программирования соединен с ATmega16U2, предоставляющей виртуальный COM порт для программ на подключенном компьютере. (Для определения этого устройства компьютеру с ОС Windows потребуется файл inf, на машинах же с OSX и Linux плата автоматически будет распознана как COM порт). Чип 16U2 также соединен с аппаратным UART'ом SAM3X. Последовательная шина на выводах RX0 и TX0 предоставляет преобразование Serial-to-USB для программирования платы через микроконтроллер ATmega16U2. В программное обеспечение Arduino входит монитор последовательной шины, который дает плате возможность отправлять и принимать простые текстовые сообщения. Светодиоды RX и TX на плате будут мигать, когда идет передача данных через кристалл ATmega16U2 и через USB подключение к компьютеру (но не во время последовательного обмена по выводам 0 и 1).

Собственный USB порт (Native USB port) подключен к SAM3X. Это позволяет осуществлять последовательную связь (CDC) посредством USB. Таким образом обеспечивается подключение к монитору последовательной шины или другим приложениям на вашем компьютере. Также это дает Due возможность эмулировать для присоединенного компьютера USB мышь или клавиатуру. Для использования этих возможностей смотрите справочные страницы.

Собственный USB порт может также работать как USB хост для подключенных периферийных устройств: мыши, клавиатуры и смартфонов. Чтобы использовать эти свойства, необходимо обратиться к справочным страницам документации.

Контроллер SAM3X поддерживает, кроме того, связь по интерфейсам TWI и SPI. Программное обеспечение Arduino включает в себя библиотеку Wire для облегчения работы с шиной TWI; смотрите более детальное описание в документации. Для связи через SPI воспользуйтесь библиотекой SPI.

На Arduino Due имеется самовосстанавливающийся предохранитель, назначение которого – защитить USB порты вашего компьютера от короткого замыкания и перегрузки по току. Несмотря на то, что в большинстве компьютеров есть встроенная защита по току, этот предохранитель дает дополнительную защиту. При токе через USB порт более 500 мА связь автоматически обрывается предохранителем до прекращения перегрузки или короткого замыкания.

Arduino Due сделан совместимым с большинством плат расширения, разработанных для Uno, Diecimila или Duemilanove. Цифровые выводы с 0 по 13 (и соседние выводы AREF и GND), аналоговые входы с 0 по 5, разъем питания, разъем ICSP (SPI) расположены одинаково на всех платах. Более того, основной UART (последовательный порт) находится на тех же выводах (0 и 1).

Arduino Due на данный момент самый мощный контроллер, выполненный в формате макетной платы.

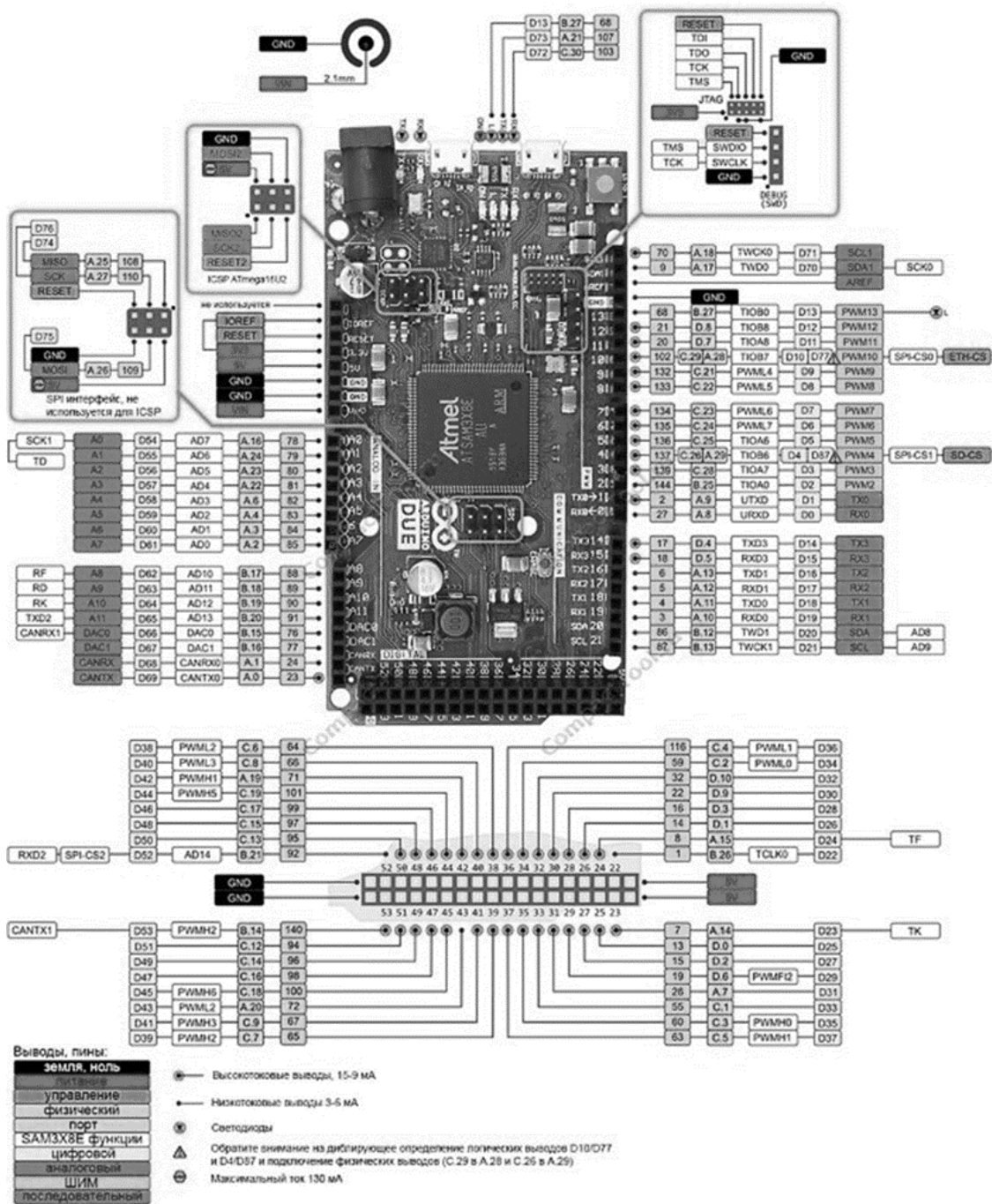


Рис. 1.6. Назначение выводов и разъемов платы Arduino Due

Arduino Nano – платформа, построенная на микроконтроллере ATmega328 (Arduino Nano 3.0) или ATmega168 (Arduino Nano 2.x), имеет небольшие размеры и может использоваться в лабораторных работах. Она имеет схожую с Arduino Duemilanove функциональность, однако отличается сборкой. Отличие заключается в отсутствии силового разъема постоянного тока и работе через кабель Mini-B USB. Nano разработана и продается компанией Gravitech.

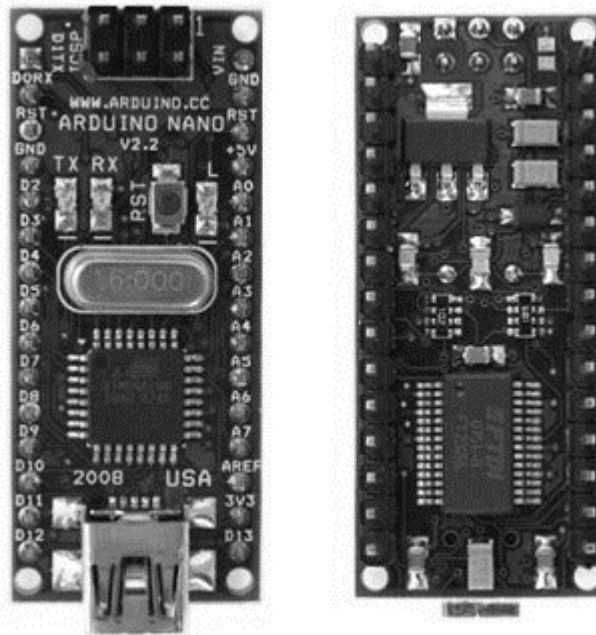


Рис. 1.7. Внешний вид платы Arduino Nano

Таблица 4

Технические характеристики Arduino Nano

Микроконтроллер	Atmel ATmega168 или ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые входы/выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	8
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Флеш-память	16 Кб (ATmega168) или 32 Кб (ATmega328) при этом 2 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	1 Кб (Atmega168) или 2 Кб (Atmega328)
EEPROM	512 байт (Atmega168) или 1 Кб (Atmega328)
Тактовая частота	16 МГц

Arduino Nano может получать питание через подключение Mini-B USB, или от нерегулируемого 6-20 В (вывод 30), или регулируемого 5 В (вывод 27) внешнего источника питания. Автоматически выбирается источник с самым высоким напряжением.

Микросхема FTDI FT232RL получает питание, только если сама платформа запитана от USB. Таким образом, при работе от внешнего источника (не USB) будет отсутствовать напряжение 3.3 В, генерируемое микросхемой FTDI, при этом светодиоды RX и TX мигают только при наличии сигнала высокого уровня на выводах 0 и 1.

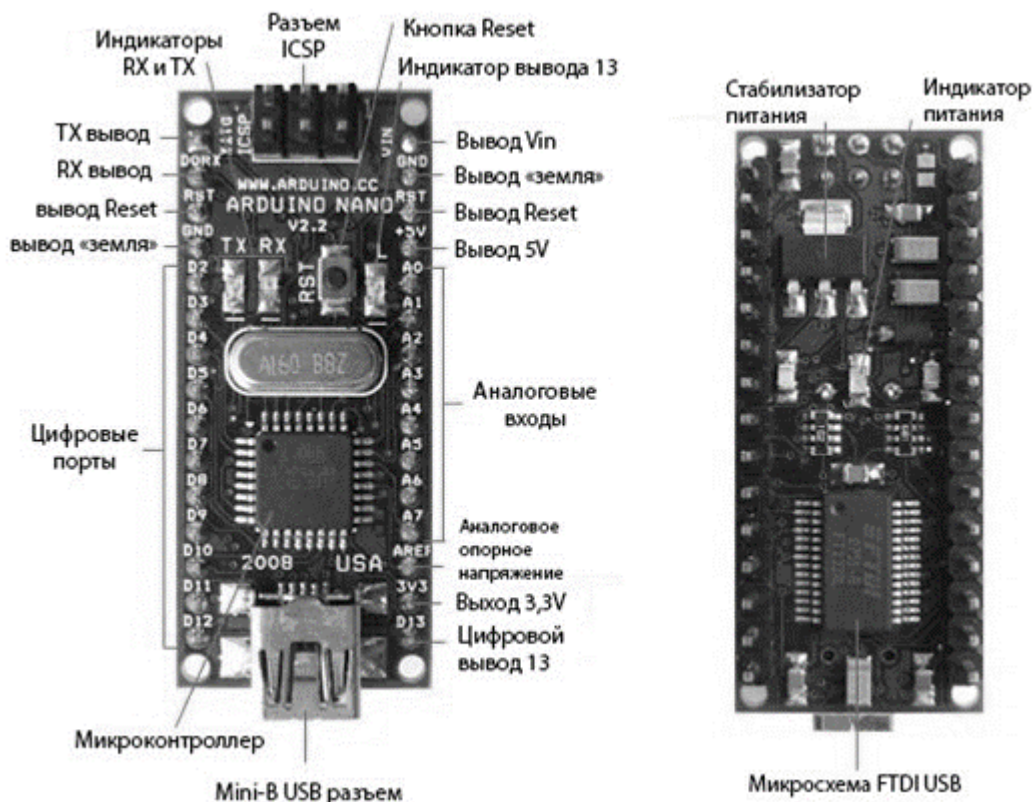


Рис. 1.8. Назначение выводов и разъемов платы Arduino Nano

На платформе Arduino Nano установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, другими устройствами Arduino или микроконтроллерами. ATmega168 и ATmega328 поддерживают последовательный интерфейс UART TTL (5 В), осуществляемый выводами 0 (RX) и 1 (TX).

Установленная на плате микросхема FTDI FT232RL направляет данный интерфейс через USB, а драйверы FTDI (включены в программу Arduino) предоставляют виртуальный COM порт программе на компьютере. Мониторинг последовательной шины (Serial Monitor) программы Arduino

позволяет посылать и получать текстовые данные при подключении к платформе. Светодиоды RX и TX на платформе будут мигать при передаче данных через микросхему FTDI или USB подключение (но не при использовании последовательной передачи через выводы 0 и 1).

Помимо перечисленных контроллеров в линейке Ардуино есть еще несколько, которые можно использовать в различных прикладных задачах:

Leonardo – последняя версия платформы Arduino на ATmega32u4 микроконтроллере. Отличается разъемом microUSB, по размерам совпадает с UNO.

Yun – новая плата, с встроенной поддержкой WiFi на базе ATmega32u4 и Atheros AR9331.

Arduino Ethernet – контроллер со встроенной поддержкой работы по сети и с опциональной возможностью питания по сети с помощью модуля POE (Power over Ethernet).

Arduino BT – платформа с модулем Bluetooth для беспроводной связи и программирования. Совместима с платами расширения Arduino.

Fio – платформа разработана для беспроводных применений. Fio содержит разъем для радио XBee, разъем для батареи LiPo и встроенную схему подзарядки.

LilyPad – платформа, пурпурного цвета, разработанная для переноски, может зашиваться в ткань.

Список на этом не заканчивается, разрабатываются новые платы, и по примеру Arduino, создаются платы на основе других контроллеров.

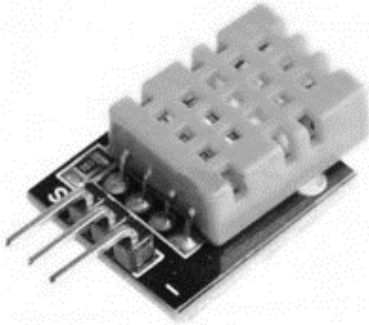
1.2. Датчики и периферийные устройства

Сам по себе микроконтроллер – это вычислительная платформа, которая сделана для того, чтобы что-то вычислять, или как принято говорить, обрабатывать. А обрабатывают вычислительные устройства информацию, или по-другому – данные. Данные попадают в микроконтроллер, по большому счету, двумя путями: их туда вводит человек с помощью клавиатуры, или отправляют датчики.

Для платформы Arduino разработано и выпускается большое количество разных датчиков и периферийных устройств. Датчики можно подключить к контроллеру по самым разным протоколам, например, 1-Wire, I²C, SPI, просто подсоединив к цифровому или аналоговому порту.

Датчики могут измерять самые разные физические и электрические величины, производить как прямые, так и косвенные измерения, выдавать результат измерений как в аналоговом, так и в цифровом виде.

Датчик температуры и влажности DHT11



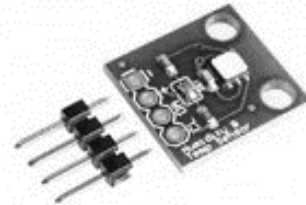
Характеристики

Предел измерения влажности: 20...95%;
 Погрешность измерения влажности: $\pm 5\%$ при $+25\text{ }^\circ\text{C}$;
 Разрешение: 1%;
 Предел измерения температуры: 0...+50 $^\circ\text{C}$;
 Погрешность измерения температуры: $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$;
 Разрешение: 1 $^\circ\text{C}$;
 Напряжение питания: 3,5-5,5 В;
 Ток потребления в режиме измерения: 2.5 мА;
 Ток потребления в режиме ожидания 150 мкА.

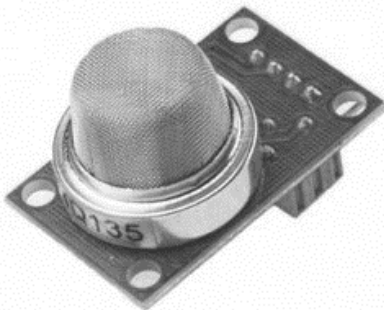
Датчик температуры и влажности GY-213V-SI7021

Характеристики

Напряжение питания: 1.9-3.6 В (рекомендуется 3.3 В);
 Ток потребления в режиме ожидания: 60 нА;
 Диапазон измерения температуры: от -40 до 85 $^\circ\text{C}$;
 Точность измерения температуры: 0.4 $^\circ\text{C}$;
 Диапазон измерения влажности: 0-100%;
 Точность измерения влажности: $\pm 3\%$;
 Время измерения температуры: 7 ms;
 Время измерения влажности: 17 ms;
 Интерфейс: I²C.



Датчик газа MQ-135

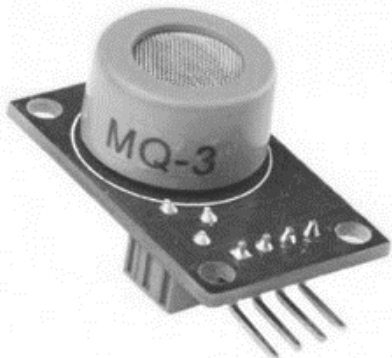


Аналоговый датчик газа для обнаружения утечки следующих газов: углекислый газ, угарный газ, аммиак, бензол, оксиды азота и пары спирта. Имеет высокую чувствительность и малое время отклика. Чувствительность может быть настроена с помощью потенциометра на плате датчика.

Характеристики

Напряжение питания: 5 В;
 Потребляемый ток: 150 мА;
 Интерфейс: аналоговый и цифровой;
 Цифровой выход срабатывает по превышению порога, может быть подключен напрямую к реле.

Датчик газа MQ-3



Аналоговый датчик газа для обнаружения утечки следующих газов: пары алкоголя и большие концентрации паров бензина. Имеет высокую чувствительность и малое время отклика. Чувствительность может быть настроена с помощью потенциометра на плате датчика.

Характеристики

Напряжение питания: 5 В;

Потребляемый ток (ток нагревателя): 180 мА;

Диапазон чувствительности: 10-1000 ppm;

Газ, для которого нормируется датчик: C_2H_5OH , 125 ppm;

Время отклика: менее 10 с;

Время восстановления: менее 30 с;

Рабочая температура: от -10 до +50 °С;

Рабочая влажность воздуха: не более 95% RH;

Интерфейс: аналоговый и цифровой.

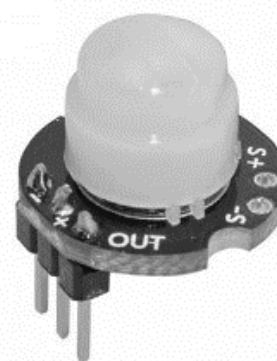
Цифровой выход срабатывает по превышению порога, может быть подключен напрямую к реле. Аналоговый выход датчика газа может быть подключен к Arduino напрямую к аналоговому входу.

Датчик движения SR602

Инфракрасный датчик движения, модель: SR-602.

Датчик реагирует на движение теплых объектов в поле видимости датчика, в том числе и человеческого тела. Принцип работы датчика основан на регистрации изменения интенсивности свечения в инфракрасном диапазоне. В свою очередь к изменению интенсивности приводит движение человеческого тела в области видимости датчика.

Датчик является цифровым. При отсутствии движения на выходе датчика присутствует низкий уровень сигнала. При обнаружении движения на выходе появляется высокий уровень. После пропадания движения низкий уровень появится через 2 сек. Нужно иметь в виду, что датчик срабатывает только на движение теплого объекта в поле видимости, а не на сам теплый объект. Если теплый объект замрет в поле видимости датчика, то датчик выключится спустя 2 секунды.



Так же особенностью модуля является его включение (присутствие на выходе высокого уровня) на 2 секунды сразу после подачи питания, после чего он переходит в рабочий режим.

Характеристики

Расстояние срабатывания: до 5 метров, рекомендуется 0-3,5 м.

Выход: цифровой, с уровнем напряжения 3,3 В.

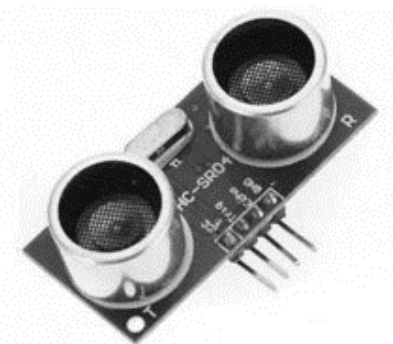
Напряжение питания: 3,3-15 В;

Задержка выключения после пропадания сигнала: 2 сек, не регулируется;

Угол поля видимости датчика: до 90°;

Ток потребления: 20 мкА.

Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04



Датчик позволяет измерять дистанцию до предметов, используя эффект отражения ультразвуковых волн от препятствий. Дальность измерения до 4 метров. По окончании измерения на выходе датчика появляется импульс, длительность которого кратна измеренному расстоянию.

Характеристики

Напряжение питания: 5 В;

Ток покоя: <2 мА;

Эффективный угол: <15°;

Диапазон измерения расстояния: 2 – 400 см;

Разрешение: 0.3 см.

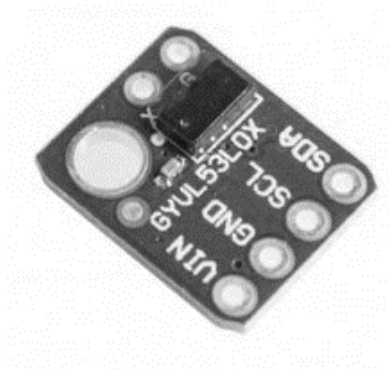
Сенсор излучает короткий ультразвуковой импульс, который отражается от объекта и принимается сенсором. Расстояние рассчитывается исходя из времени, прошедшего от излучения импульса до получения отраженного эха с учетом скорости звука в воздухе. Следующий импульс может быть излучён, только после исчезновения эха от предыдущего. Рекомендованный период между измерениями должен быть не менее 50 мс. Датчик имеет два контакта для подключения к микроконтроллеру: TRIG и ECHO. Для начала процесса измерения необходимо на вход TRIG подать сигнал высокого уровня длительностью 10 мкс. После приема отраженного сигнала датчик формирует на выводе ECHO импульс высокого уровня, длительность которого пропорциональна расстоянию до преграды (150 мкс-25 мс). Для пересчета длительности импульса в расстояние используется формула:

$$S = \frac{F}{58},$$

где S – дистанция в сантиметрах,

F – длина импульса в микросекундах.

Датчик расстояния лазерный VL53L0X (GY-530)



Лазерный датчик измерения расстояния на чипе VL53L0X. Датчик представляет из себя поверхностно-излучающий лазер с вертикальным резонатором (VCSEL) с рабочей длиной волны 940 нм и фоточувствительная матрица на основе однофотонных лавинных диодов (SPAD). Результат измерения не зависит от отражающей способности поверхности. Надежная работа в условиях повышенного уровня внешнего инфракрасного излучения. Не требуется дополнительная оптика. Протокол передачи данных I²C.

Характеристики

Напряжение питания: 2.8-5 В;

Протокол связи: I²C;

Длина волны лазерного луча: 940 нм;

Ток потребления: 19 мА;

Диапазон измерения расстояния: до 2 м;

Диапазон рабочих температур: от -20 до +70 °С

Область применения:

Датчики присутствия персональных ПК / ноутбуков / планшетных ПК и устройств Интернета вещей (автоматические выключатели освещения);

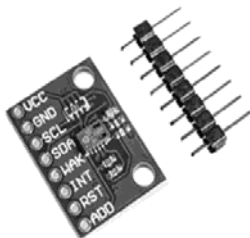
Робототехника (датчики обнаружения препятствий);

Бытовая техника (автоматические краны, вентили, дозаторы мыла и т.д.);

Одномерные датчики распознавания жестов;

Лазерные системы автофокусировки. Улучшает и ускоряет работу автофокуса камеры, особенно в неблагоприятных условиях (низкая освещенность, низкая контрастность) или при съемке на высокой скорости движения.

Датчик качества воздуха CCS811



Датчик измеряет концентрацию CO₂ и органических летучих веществ (LOV) в воздухе. Передача данных по I²C.

Характеристики

Напряжение питания: 3.3 В;

Диапазон обнаружения концентрации TVOC: 0-187 ppm;

Диапазон обнаружения концентрации CO₂: 400-8192 ppm;

Автоматическое время коррекции исходных условий для чувствительного слоя оксида металла: 24 ч;

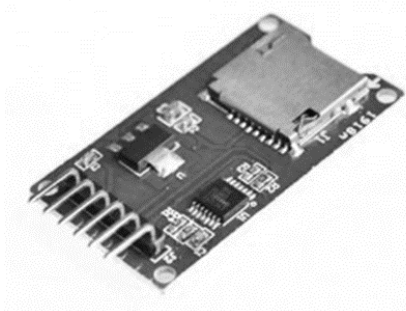
Время прогрева датчика: 20-30 мин.

К органическим летучим веществам LOV относятся более 5000 соединений. Образование большинства из них вызвано процессами жизнедеятельности человека. Например, при дыхании человек выделяет этанол, ацетон, изопрен и т. д., а при потении деканаль, нонаналь и т. д. Таким образом, даже простое присутствие человека в замкнутом помещении приводит к «загрязнению» воздуха и необходимости проветривания. Если этого не делать, то можно столкнуться с такими неприятными последствиями, как головокружение, головная боль, слезливость, насморк, аллергические реакции.

Часто для оценки концентрации LOV применяют датчики углекислого газа CO₂. При этом учитывается тот факт, что в нормальных условиях концентрации LOV и CO₂ оказываются связанными. Зная процентное содержание CO₂, можно косвенно определить концентрацию LOV. Если содержание углекислого газа в воздухе достигло критического значения – необходимо включать вентиляцию. Тем не менее, у данного метода есть недостатки. Взаимосвязь между LOV и CO₂ не всегда однозначна. Например, курение в помещении вызывает резкий скачок содержания LOV и не приводит к заметному увеличению CO₂. Датчики углекислого газа также будут бессильны, если в помещении используется бытовая химия, чистящие средства, лакокрасочные материалы или обычная парфюмерия. Поэтому для более точного определения качества воздуха необходимо прямо учитывать концентрацию LOV.

Кроме датчиков для платформы Arduino разработаны и выпускаются различные модули расширения, которые значительно увеличивают функциональные возможности платформы.

Модуль microSD карты (SPI интерфейс)

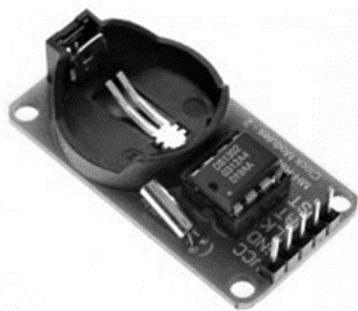


Модуль адаптер для microSD флеш карт памяти. Обмен с контроллером через интерфейс SPI.

Характеристики:

Поддержка карт microSD, microSDHC карты;
Преобразователь напряжения питания флеш карты на печатной плате модуля;
Напряжение питания модуля 4.5-5.5 В или 3.3 В;
Стандартный интерфейс связи SPI;
Уровень интерфейса SPI 5 В или 3.3 В.

Модуль часов реального времени DS1302 I²C



Модуль часов выполнен на основе чипа DS1302. Модуль позволяет считать секунды, минуты, часы, день недели, число месяца, месяц, год с учетом високосных лет до 2100 года. Есть возможность вести 12- или 24-часовой учет времени. Имеется дополнительное ОЗУ 31x8 для хранения данных.

Характеристики

Напряжение внешнего питания: 2,0-5,5 В;

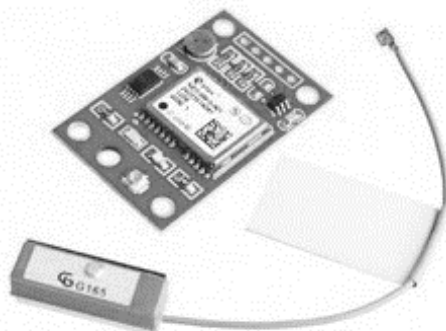
Напряжение питания батареи: 2,0-3,5 В;

Тип батарейки: CR2032 (в комплект не входит);

Потребляемый ток: 300 нА при питании 2.5 В;

Размеры: 44x23x11 мм.

Модуль GPS NEO-6M V2



Модуль определения координат по спутникам GPS на чипе NEO-6M с керамической активной антенной. Интерфейс связи – последовательный порт UART.

Характеристики

Напряжение питания: 3-5 В;

Последовательный порт, скорость связи по умолчанию 9600;

Резервный аккумулятор;

Светодиодный индикатор сигнала;

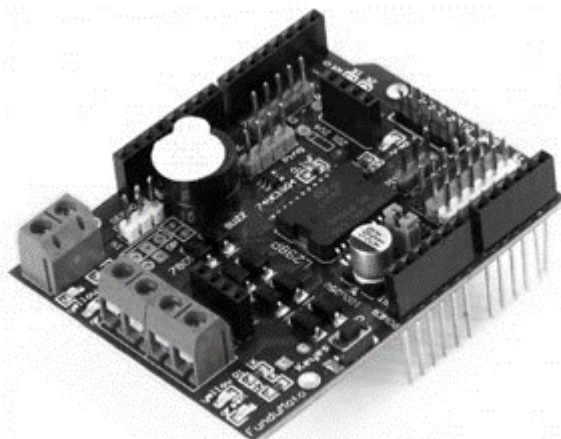
Контакты: VCC, GND, TXD, RXD;

Размеры антенны: G165, 20x6 мм;

Размеры модуля: 25x35 мм.

Модуль драйвера двигателя L298P для Arduino

Модуль для управления моторами. Основан на микросхеме драйвере L298P. Представляет из себя 2 Н моста с током до 2 А. К плате возможно подключить два мотора постоянного тока с реверсивным вращением или один двухфазный шаговый двигатель.



Характеристики

Напряжение логики: 5В;

Напряжение питания по входу VIN (логика): 6.5-12 В;

Напряжение питания по входу PWR (двигатели): 4.8-24 В;

Максимальный ток двигателей: 2А;

Максимальная рассеиваемая мощность: 25 Вт;

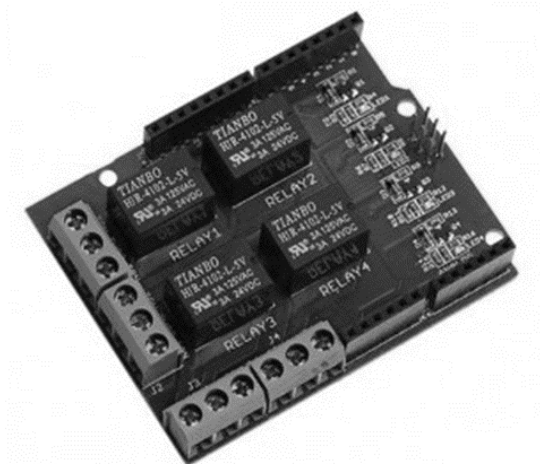
Рабочая температура: от -25 до 130 °С;

Используемые контакты для управления мостами: D10, D11, D12, D13;

Используемые контакты для встроенного зуммера: D4;

Разъем для подключения Bluetooth модуля.

Релейный модуль на 4 канала для Arduino



Модуль с четырьмя реле для Arduino UNO, Mega, Leonardo. Модуль содержит четыре реле постоянного тока. Для питания реле не требуется дополнительного питания.

Характеристики

Коммутируемая нагрузка переменного тока: 125 В, 3 А;

Коммутируемая нагрузка постоянного тока: 30 В, 3 А.

Модуль Bluetooth HC-06

Модуль Bluetooth для подключения к микроконтроллеру через UART последовательный порт.

Характеристики

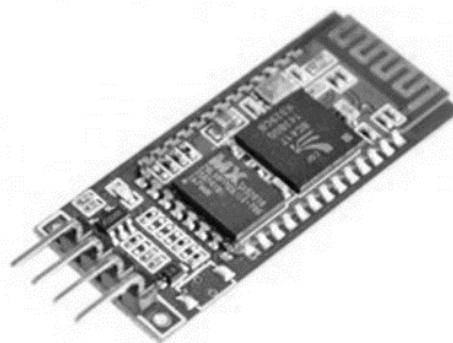
Стандарт протокола: Bluetooth V2.0; Напряжение питания: 3.3-6 V;

Скорость обмена через последовательный порт: 9600 (может быть изменена AT-командами);

Режим работы: slave (может быть изменен AT-командами, возможна работа master, master-slave, slave);

Контакты: VCC, GND, TXD, RXD;

Размеры: 1.55x3.98 см.



Модуль Ethernet W5500

Ethernet модуль на основе чипа W5500.

Характеристики

Интерфейс SPI;

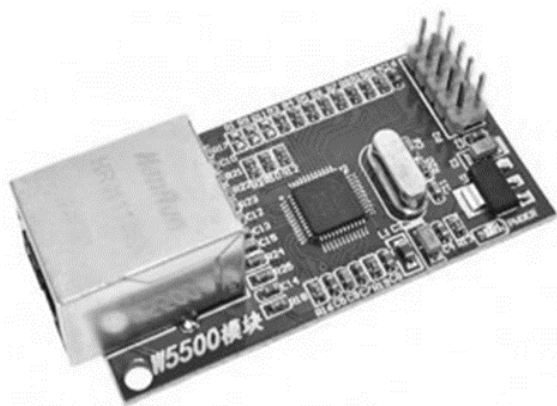
Скорость передачи данных 10, 100 Mbit;

Аппаратная поддержка стека TCP/IP, TCP, UDP, ICMP, IGMP, IPv4, ARP, PPPoE;

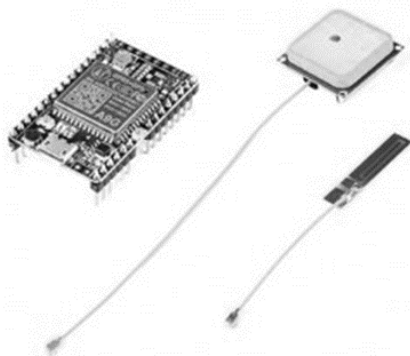
До восьми независимых портов;

Напряжение питания 3.3 и 5 В (преобразователь напряжения на плате);

Входы/выходы совместимы с логикой 5В.



Модуль GSM/GPRS и GPS/BDS A9G



Модуль связи GSM/GPRS, совмещенный с системой спутниковой навигации GPS/BDS на чипе Ai-Thinker A9G. Модуль A9G может использоваться в широком спектре задач IOT, домашней автоматизации, беспроводного управления, переносной электроники, беспроводных датчиков определения местоположения,

трекеров местоположения. Модуль со стандартной прошивкой управляется с помощью AT-команд.

Характеристики

Напряжение питания: 5 В через microUSB или литиевый аккумулятор 3.3-4.2 В;

Управление зарядом литиевой батареи;

Диапазоны поддерживаемых частот GSM/GPRS: 850, 900, 1800, 1900 МГц;

Поддерживаемые системы спутникового позиционирования: GPS, BDS;

Поддержка голосовых вызовов и SMS-сообщений;

Разъем для подключения microSD карты памяти;

Микрофон;

Кнопка сброса;

Кнопка вкл./откл.;

Размеры модуля: 25x41 мм.

Рассмотренные выше аппаратные устройства значительно расширяют возможности аппаратной платформы Arduino, но это только аппаратная часть, далее перейдем к рассмотрению программной части и средств разработки программ для платформы Arduino.

1.3. Программное обеспечение и средства разработки для платформы Arduino

Любая система, построенная с использованием программируемых элементов, состоит из двух компонентов – из электронных деталей и узлов, и программ, которые эти узлы выполняют. Электронную часть составляют микросхемы и другие элементы, которые в совокупности носят название hardware (или «железо», как говорят электронщики). Вторая, программная

часть, которая состоит из собственно программы, выполняемой «железом», и средств, с помощью которых эти программы создаются. Выполняемые программы носят название software, а средства разработки IDE (Integrated development environment) – интегрированная среда разработки. Необходимо отметить, что в программном обеспечении есть и третья составляющая – это всевозможные программные наборы функций, которые называются библиотеками и программы, служащие для обеспечения работы микросхем или их наборов в соответствии с их функциональным назначением, такие программы называются драйверами.

Драйвер необходим для того, чтобы преобразовать алгоритм работы, допустим какого-либо узла на микросхемах, в алгоритм, который реализуется в программном обеспечении всего устройства.

Для микроконтроллеров платформы Arduino разработана среда разработки, которая называется Arduino IDE.

Arduino IDE – это интегрированная среда разработки для Windows, MacOS и Linux, разработанная на Си и C++, предназначенная для создания и загрузки программ на Arduino-совместимые платы, а также на платы других производителей.

Простая и функциональная среда разработки для создания собственного ПО, которым управляются многочисленные устройства, собранные начинающими и опытными электронщиками. Соединение ПК с микроконтроллером реализовано через интерфейс USB. Код на языке Си и C++ пишется в редакторе, в котором есть подсветка команд и спеллчекер.

Среда разработки программного обеспечения (IDE) для конструкторов на основе плат Arduino появилась одновременно с аппаратной частью популярной платформы. Это логично, ведь концепция, при которой инженеру не приходится работать с программатором, подразумевает, что инструкции должны быть легко прошиты в микроконтроллер.

Низкий порог вхождения в конструирование собственных электронных устройств достигается за счет простоты написания программной части. В каждый микроконтроллер вшит загрузчик ПО, который трансформирует инструкции, написанные человеком, в машинные коды без использования аппаратного программатора. Начинающие разработчики и опытные инженеры-электронщики ценят легкость, с которой создается работающий прототип или готовое устройство. Для работы с аппаратурой необходим только компьютер с установленной средой разработки, которая свободно распространяется.

Arduino – это электронная платформа с открытым исходным кодом, основанная на простом в использовании аппаратном и программном обеспечении.

На протяжении многих лет Arduino был мозгом тысяч проектов, от повседневных предметов до сложных научных инструментов. Мировое сообщество разработчиков – студенты, любители, художники, программисты и профессионалы – собралось вокруг этой платформы с открытым исходным кодом, их вклад позволил создать невероятное количество доступных знаний, которые могут оказаться большой помощью как новичкам, так и экспертам. Простая разработка любого электронного устройства – вот, что такое Arduino. Прототип собирается на основе стандартных компонентов и легко конфигурируется без программатора: начинающему электронщику достаточно знать синтаксис языка C++ для создания инструкций. Строго говоря, язык программирования, используемый в Arduino, назвать языком C или C++ можно с большой натяжкой. Язык хоть и похож по синтаксису и правилам структурного построения программ, но все-таки сделан на основе трех языков – Processing, Wiring, Fritzing.

Processing – открытый язык программирования, основанный на Java. Представляет собой лёгкий и быстрый инструмент для людей, которые хотят программировать изображения, анимацию и интерфейсы.

Processing породил еще один проект: Wiring, который использует IDE от Processing с набором библиотек, написанных на языке C++, для обучения художников программированию микроконтроллеров. Сейчас существует два отдельных аппаратных проекта: Wiring и Arduino, использующих среду разработки и язык Wiring. Fritzing – еще одна программная среда сходного типа, помогающая дизайнерам и художникам документировать их прототипы и пройти путь от прототипа до законченного продукта.

Микроконтроллеры продаются на одной плате вместе с минимальной обвязкой, требующейся для работы: генератор тактовой частоты, стабилизатор электропитания и так далее. Вариантов управляющих плат выпускается несколько, но еще больше – плат расширения. А поскольку архитектура открыта, то аппаратных дополнений платформы от различных производителей достаточно для самого смелого технического творчества.

Arduino IDE включает в себя не только редактор, но еще и компилятор, работающий в паре с загрузчиком. Для ознакомления с возможностями предусмотрены готовые шаблоны кода, которые сразу загружаются в устройство. Новичкам обычно демонстрируют мигание светодиода с заданной периодичностью. Шаблон этого кода можно загрузить в редактор через

меню «Файл», в котором есть отдельный пункт «Примеры» или «Образцы» в зависимости от версии.

Среда разработки распространяется свободно. Инсталляторы Arduino IDE можно скачать с сайта arduino.cc для операционных систем Windows, MacOS, Linux. В качестве компилятора среда использует небезызвестный `avr-gcc`, а значит, что «из коробки» пользователь получает поддержку оригинальных плат с архитектурой AVR и аналогов.

Разрабатываемая программа для Arduino и Arduino-совместимых контроллеров называется скетч (от англ. *sketch* – эскиз). Идея состоит в том, чтобы программирование в Java-стиле было похоже на скриптирование, и в том, чтобы взять на вооружение процесс скриптирования для быстрого написания кода.

Интерфейс у IDE для Arduino предельно лаконичен: меню и функциональные кнопки – сверху, редактор – в центре, лог работы компилятора и загрузчика – внизу. В рабочей области открываются вкладки, но они в данном случае имеют особый смысл. Во-первых, не являются отдельными проектами: они разбивают код инструкции, который находится в одной папке, на смысловые части. Во-вторых, читаются и, главное, компилируются слева направо.

И, в-третьих, располагаются в алфавитном порядке.

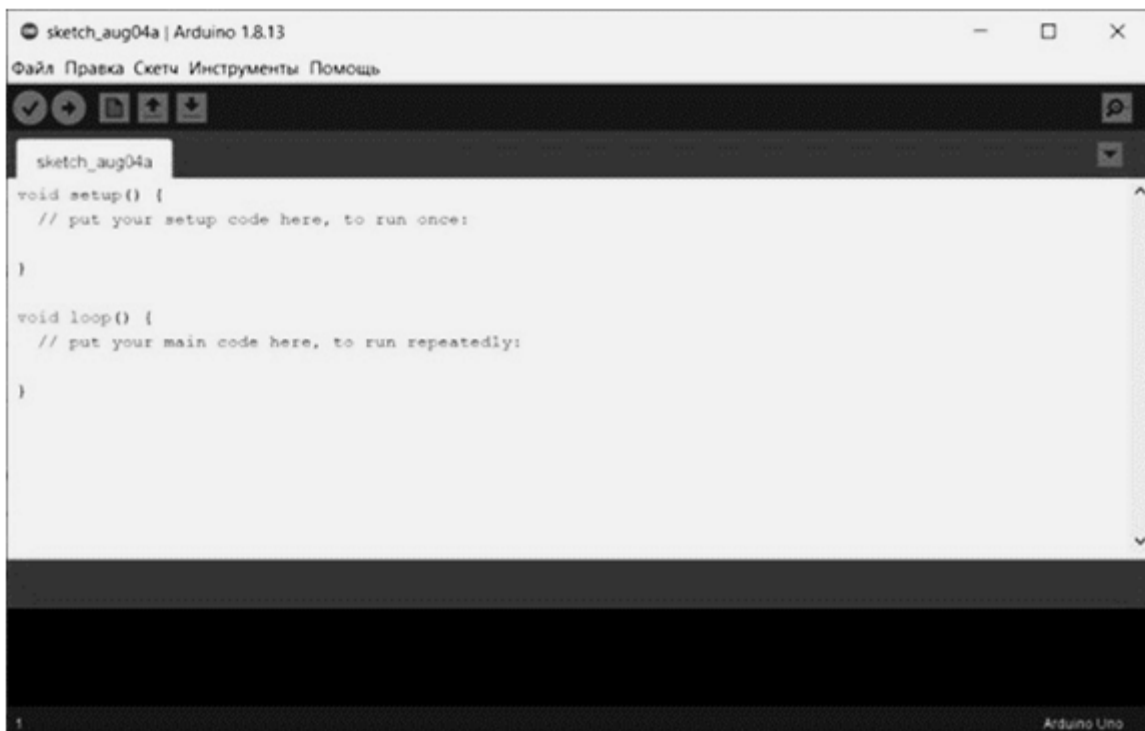


Рис. 1.9. Интерфейс среды разработки Arduino IDE



Рис. 1.10. Интерфейс Arduino IDE. Вкладка Файл



Рис. 1.11. Интерфейс Arduino IDE. Вкладка Правка

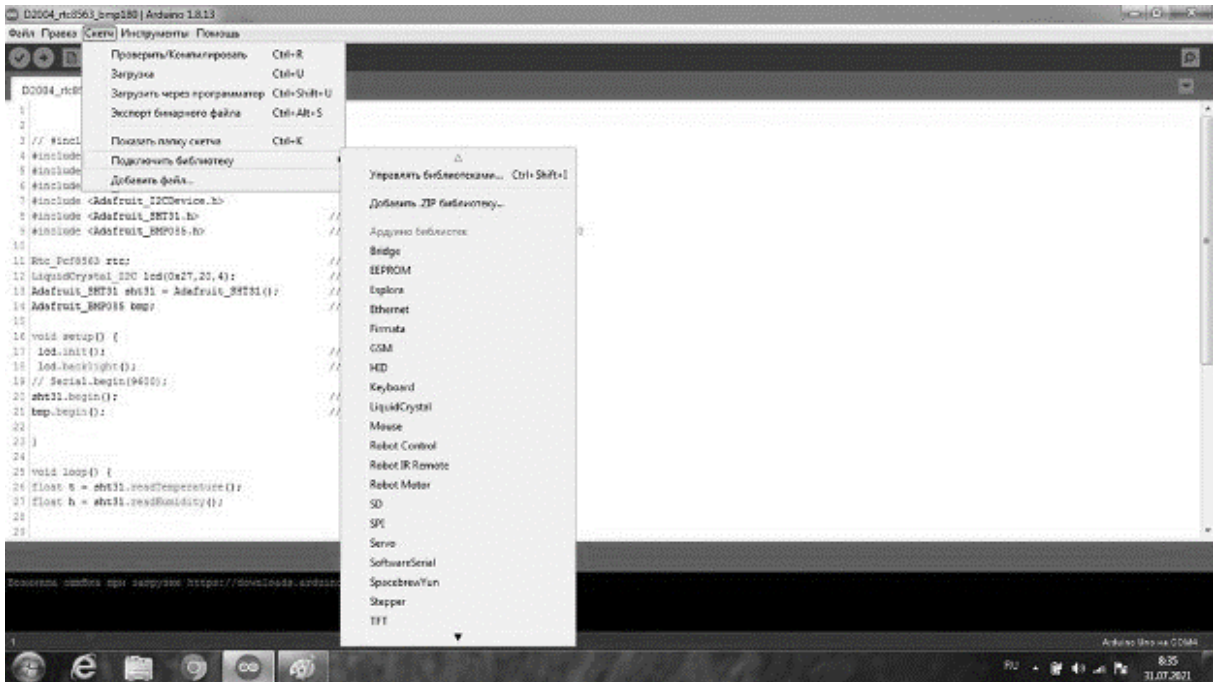


Рис. 1.12. Интерфейс Arduino IDE. Вкладка Скетч

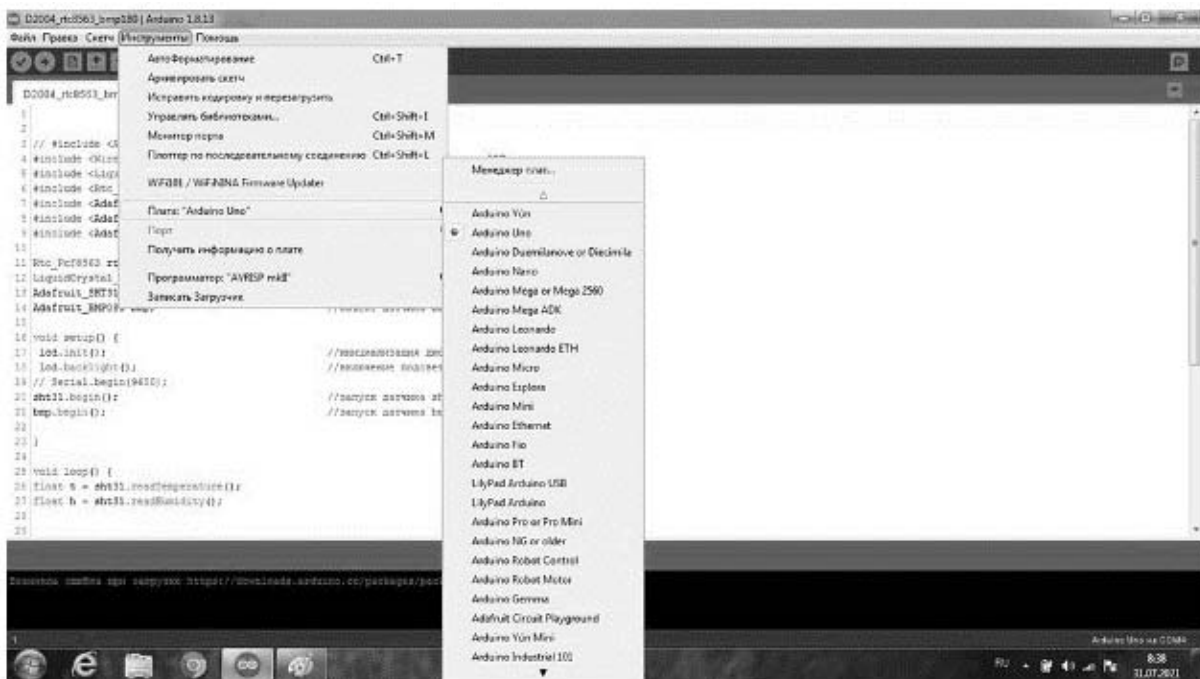


Рис. 1.13. Интерфейс Arduino IDE. Вкладка Инструменты

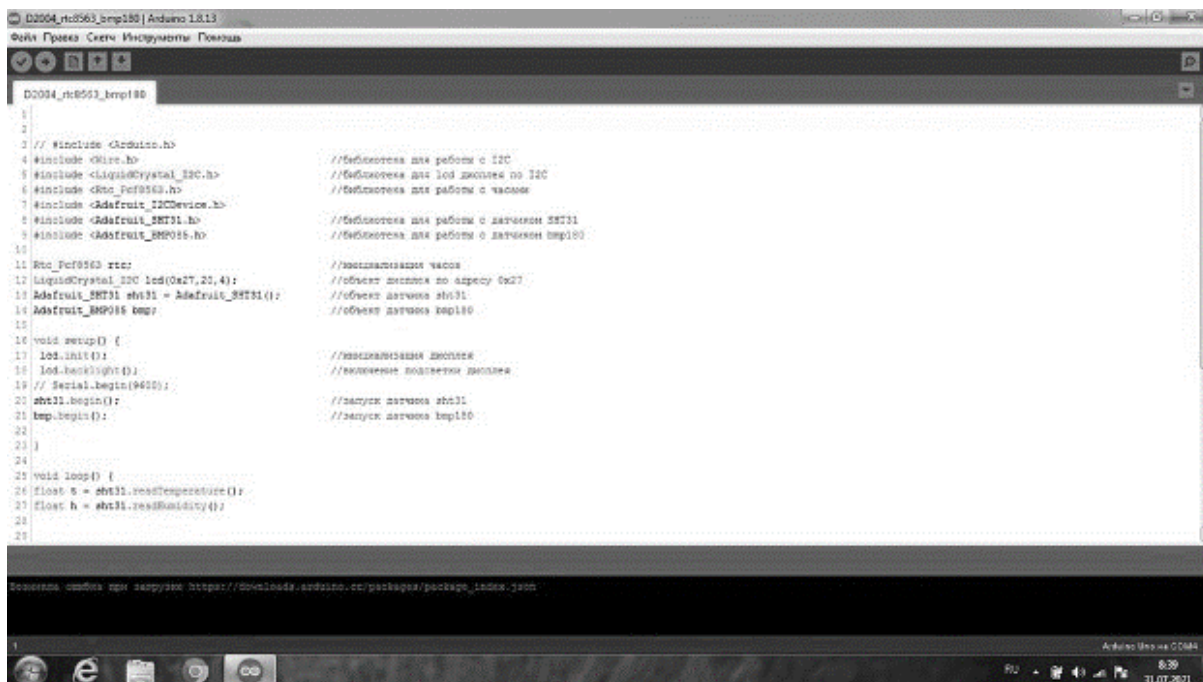


Рис. 1.14. Интерфейс Arduino IDE. Пример скетча

Локализация Arduino IDE на русском выбирается после установки. Нативный для пользователя язык меню подключается стандартным способом, через настройки.

Среда разработки не предназначена для ведения сложных проектов с древовидной структурой файлов, но она по-прежнему остается популярной, так как работа с аппаратной частью не предполагает ветвлений. Оболочка IDE написана на Java и весьма тяжеловесна при запуске и компиляции кода, но главную задачу выполняет. Отправить код в микроконтроллер при помощи среды разработки можно легко и быстро.

1.4. Альтернативные среды разработки для Ардуино

Среда разработки Programino.

Рассмотрим среду разработки PROGRAMINO. Это платная среда разработки, но её можно опробовать в течение 14 дней бесплатно. Programino, как и другие среды разработки, требует, однако, чтобы у вас была установлена Arduino IDE. При первом запуске программы следует в настройках указать путь к исполняемому файлу `arduino.exe`. Для этого идём в меню настройки: `Options Editor Settings`. Появится окно, в котором нужно будет указать пути к директории с Arduino IDE и сопутствующими библиотеками. Теперь мы готовы писать программы в Programino.

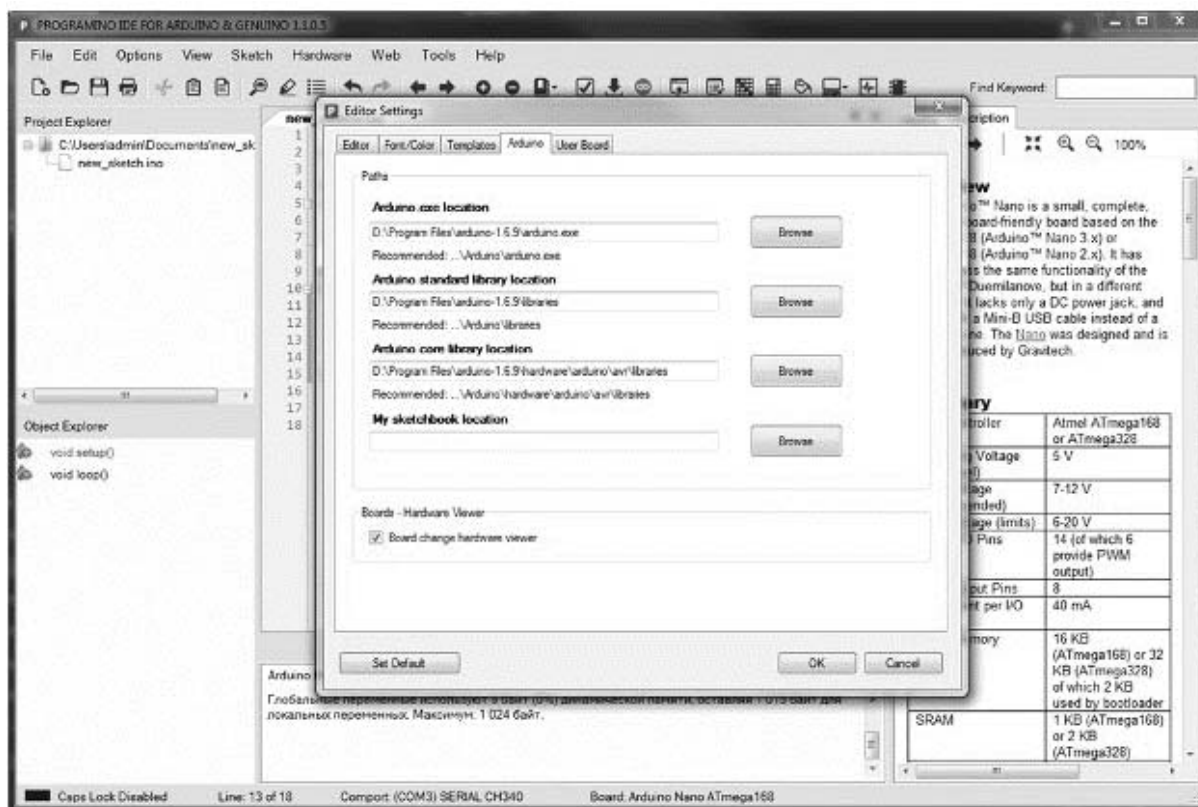


Рис. 1.15. Интерфейс среды разработки PROGRAMINO

Язык, который используется в данной среде разработки – такой же, как и в оригинальной Arduino IDE – Си. То есть, по сути, если вы уже пишете скетчи в Arduino IDE, то вам не придётся изучать новый язык программирования, что является большим плюсом данной среды разработки.

Однако, помимо этого, данная IDE предлагает такой удобный способ быстрой разработки как автодополнение кода. То есть, вам не придётся постоянно лазить в справочник по командам и методам Arduino. Вы начинаете набирать код, и среда разработки предложит вам выбрать из доступных вариантов тот, который вам нужен. Например, вы набираете "digi" и IDE предлагает вам варианты: "digitalRead", "digitalWrite" и другие возможные.

Что ещё интересного предлагает Programino IDE? В данной среде разработки имеются несколько дополнительных полезных инструментов, доступных через меню Tools. Например, блокнот, дизайнер LCD символов, преобразователь между DEC-BIN-HEX, терминал последовательного порта, аналоговый плоттер и другие.



Рис. 1.16. Пример написания кода в среде PROGRAMINO

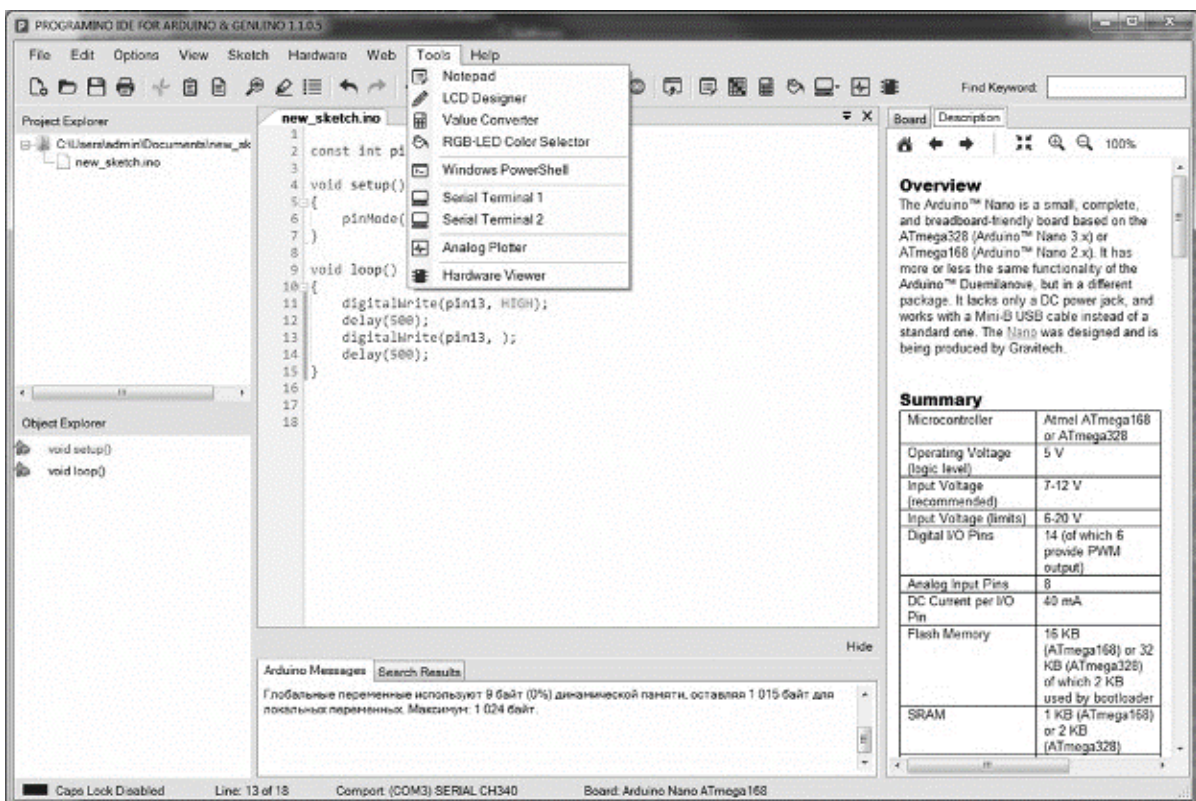


Рис. 1.17. Меню Tools в среде PROGRAMINO

Остановимся подробнее на инструменте Analog Plotter. Это средство позволяет визуализировать вам то, что приходит в COM-порт от Arduino.

Запустим аналоговый плоттер. Нажмём кнопку Connect для подключения к порту, к которому у нас подключён Arduino.

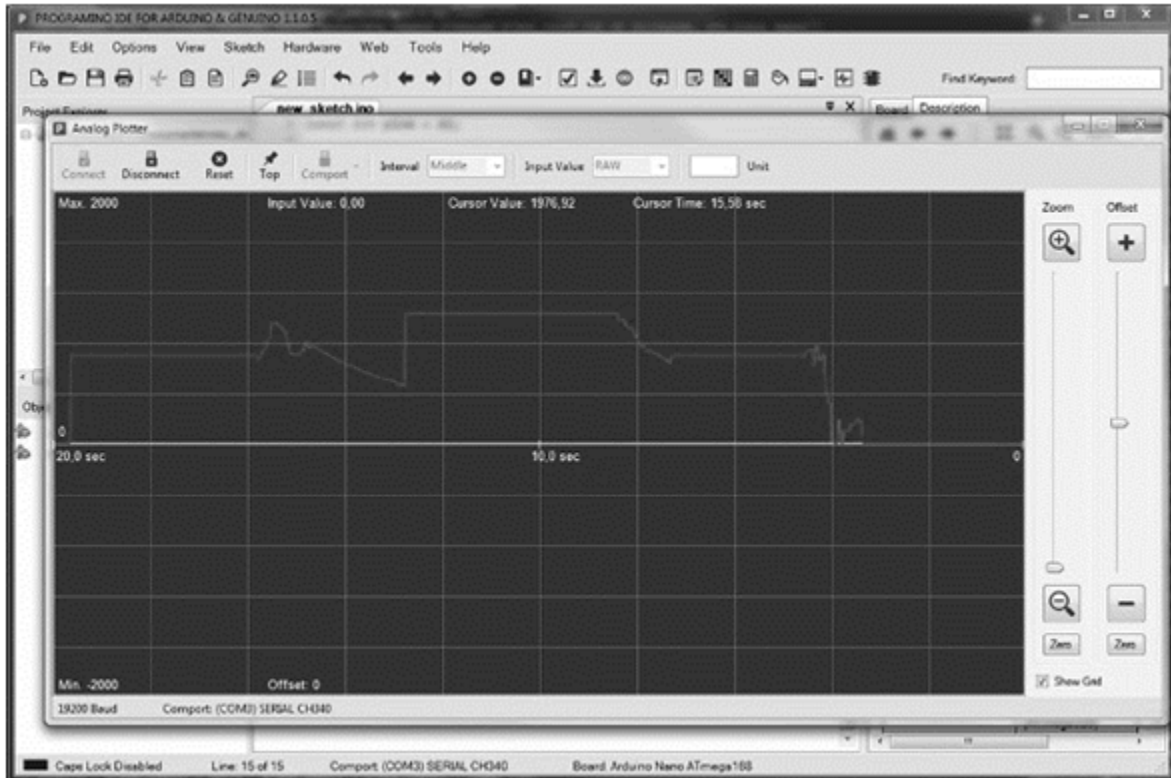


Рис. 1.18. Инструмент Analog Plotter в среде PROGRAMINO

Этот инструмент может быть полезным, например, для отображения показаний во времени каких-нибудь аналоговых датчиков: температуры, влажности, давления, освещённости и других.

Среда разработки B4R (Basic for Arduino)

Ещё одна интересная альтернатива Arduino IDE – B4R, или "Basic for Arduino". Эта среда разработки уникальна тем, что использует язык Basic, а не Си. Она также поддерживает функцию автодополнения кода. Кроме того, она полностью бесплатна.

При первом запуске среда B4R также требует указать путь к директории с Arduino IDE и, при необходимости, дополнительным нестандартным библиотекам и общим модулям. Эти настройки можно задать и позже через меню Tools Configure Paths. А также выбрать плату: Tools, Board Selector.

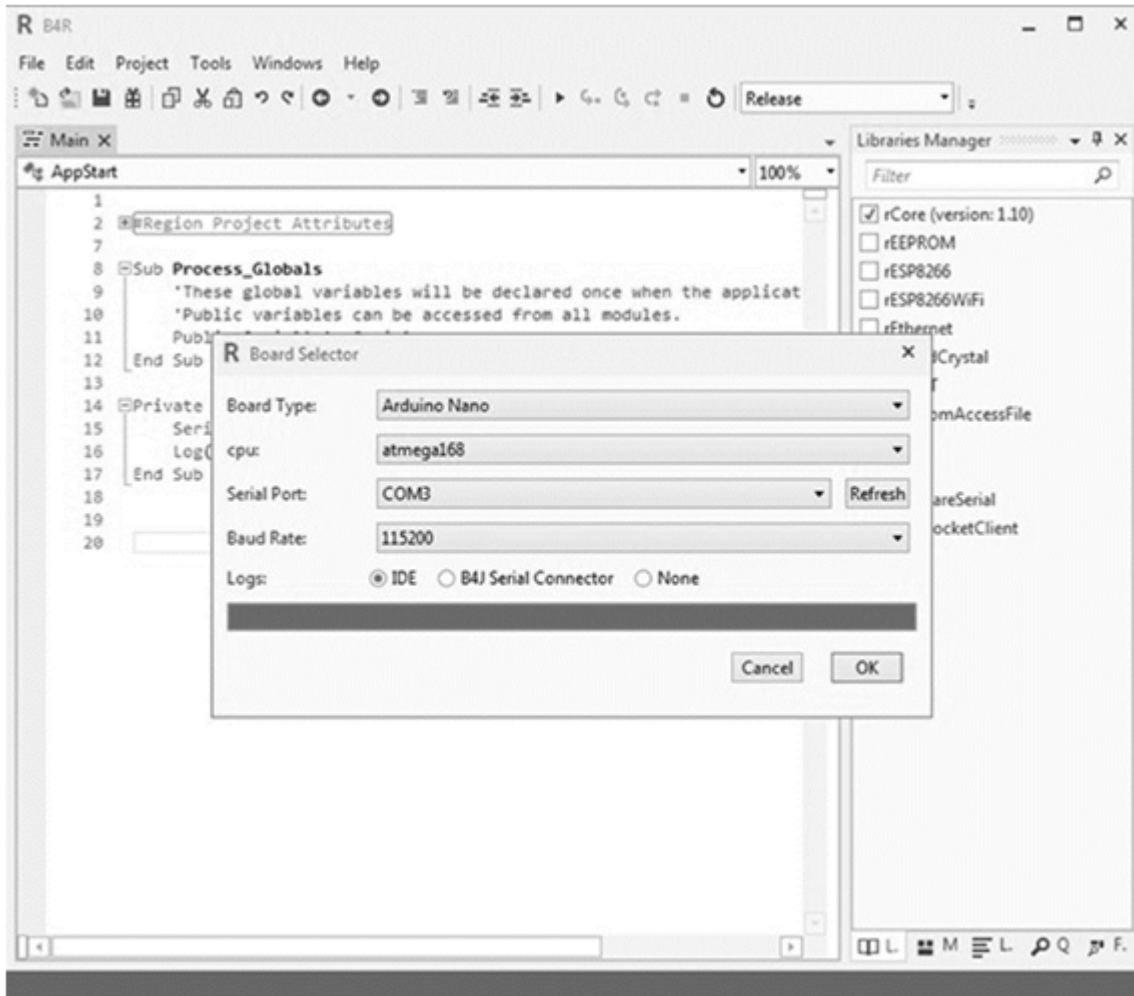


Рис. 1.19. Интерфейс среды разработки B4R

В центральной части находится поле для редактирования кода. В правой – область вкладок и сами вкладки: доступных библиотек, модулей скетча, журнала и поиска. На приведённой фотографии открыта вкладка с журналом. Видно, что сюда выводятся сообщения, которые в программе задаются командой `Log()`. В данной среде разработки можно ставить точки останова, что весьма полезно в процессе отладки, а также использовать закладки для более быстрой навигации по коду.

Вы не сможете сразу начать программировать в этой среде разработки, т.к. она использует другой, более объектно-ориентированный язык, чем классическая Arduino IDE, с другим синтаксисом. Тем не менее, удобство этой среды и наличие хорошего руководства от разработчиков полностью окупает эти недостатки.

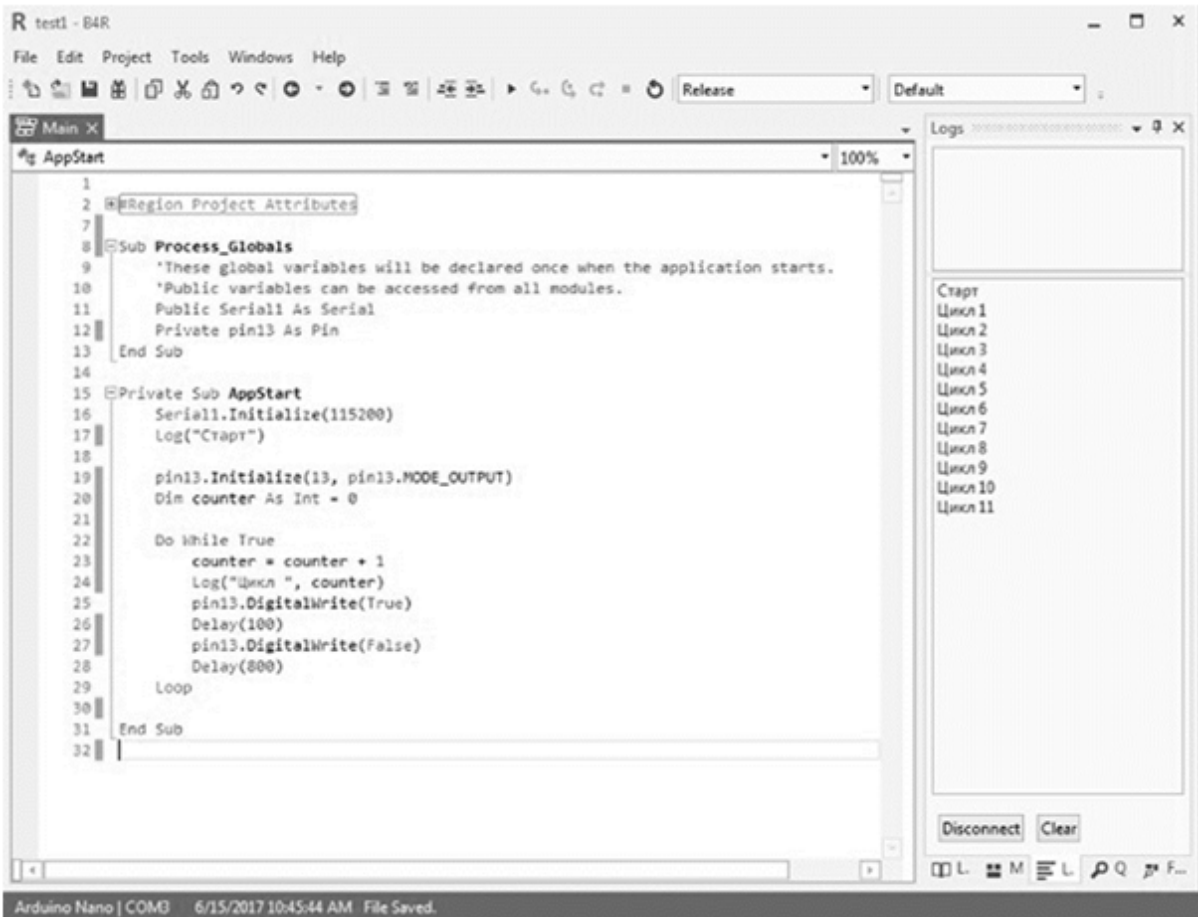


Рис. 1.20. Пример программы в среде B4R

На сегодняшний день существует большое количество разных сред разработки и компиляторов для работы с микроконтроллерами. В них используются различные языки программирования, например, C++, C#, Basic, Pascal, но основным языком программирования для микроконтроллерных схем является Assembler, низкоуровневый язык программирования, не требующий компиляции.

Появление и развитие виртуализации не обошло стороной и средства разработки и моделирования устройств на микроконтроллерах. Появились виртуальные программные средства для разработчика, при работе с которыми используются математические модели контроллеров и устройств на их основе. Надо отметить, что реалистичность работы таких виртуальных контроллеров будет зависеть от того, насколько подробна и точна математическая модель устройства.

Рассмотрим такие средства разработки как виртуальные эмуляторы, которые позволяют воспроизводить на компьютере те или иные семейства микроконтроллеров с необходимой для их работы обвязкой.

Среда Virtual Breadboard

Virtual Breadboard – это программная платформа, предназначенная для разработки электронных схем форм-фактора «Макетная доска» и разработки микропрограммного обеспечения микроконтроллера. Вы можете использовать Virtual Breadboard для: разработки и отладки приложений на базе микроконтроллеров; моделирования программных микроконтроллеров; разработки панелей управления для встроенных приложений.



Рис. 1.21. Интерфейс Virtual BreadBoard

Для создания нового проекта выбираем «New Projects -> New Project -> Open».

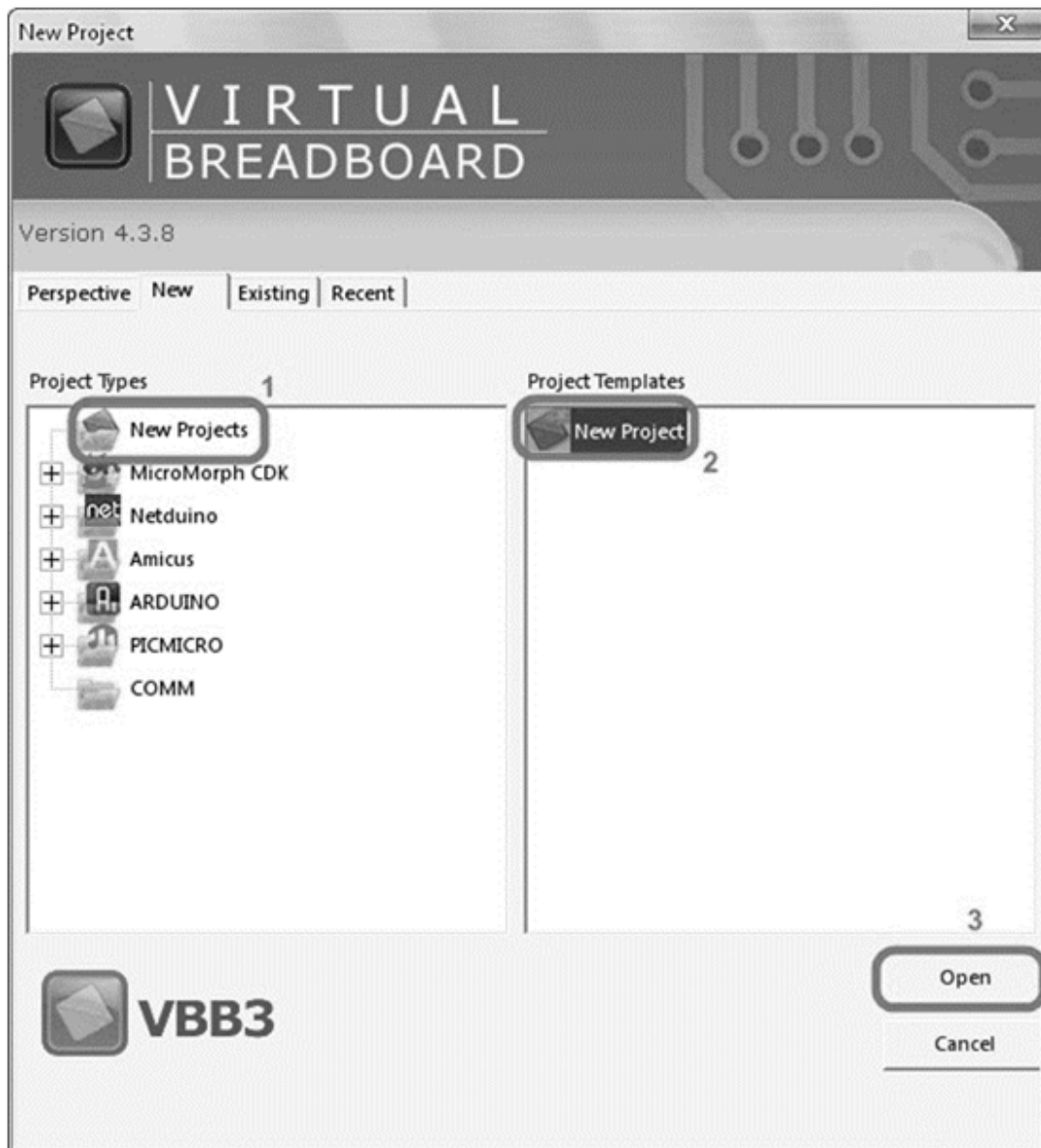


Рис. 1.22. Меню создания нового проекта: «New Projects -> New Project -> Open»

Кроме Virtual BreadBoard существует достаточное количество разных виртуальных программ для работы с микроконтроллерами. Не остались в стороне и лидеры в области SDK, так, например, Labcenter Electronics выпускает систему Proteus для сквозного проектирования и моделирования устройств, в том числе микроконтроллерных от схемы до печатной платы.

Разрабатывать программное обеспечение для микроконтроллеров (и не только для Arduino) можно и с помощью Microsoft Visual Studio.

Правда, необходимо отметить, что оба вышеуказанных пакета сложны в установке, настройке и эксплуатации. И больше подходят профессионалам с многолетним стажем разработки программного обеспечения для микроконтроллеров, чем для разработчиков, занимающихся прототипированием.

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ»

Лабораторные работы выполняются на аппаратном стенде, который включает в себя контроллер Arduino R3 UNO или его аналог, набор датчиков и необходимых радиотехнических и электромонтажных компонентов. В состав стенда входит также компьютер с установленной средой разработки Arduino IDE.

Количество лабораторных работ, которые необходимо выполнить по курсу «Программирование» – 6 из 8 представленных в этом пособии

Лабораторные работы выполняются студентами в составе подгруппы или индивидуально. После выполнения работы необходимо составить отчет и оформить его согласно образцу, приведенному в описании лабораторной работы №1. Отчет составляется так же, как и выполнялась лабораторная работа – либо индивидуально, либо один на подгруппу.

2.1. Лабораторная работа №1

Управление группой светодиодов, подключенных к цифровым портам микроконтроллера

Задание для выполнения лабораторной работы №1

1. Составить схему управления указателем поворота автомобиля, которая обеспечивает режим работы указателя в виде «бегущей строки с накоплением». В составе строки – 4 светодиода. Всего две строки светодиодов (соответственно указатель «направо» и «налево»). Включение соответствующего направления осуществляется программно, в зависимости от нажатия на соответствующую кнопку.

2. Составить алгоритм работы программы в форме блок-схемы.

3. Написать программу управления указателем поворота.

Принципиальная электрическая схема соединений компонентов устройства строится с помощью графических средств редактирования, например, MS Visio, входящего в состав пакета MS Office, LibreOffice Draw, или подобного, может выглядеть так, как изображено на рис. 2.1. Монтажная схема устройства на макете представлена на рис. 2.2.

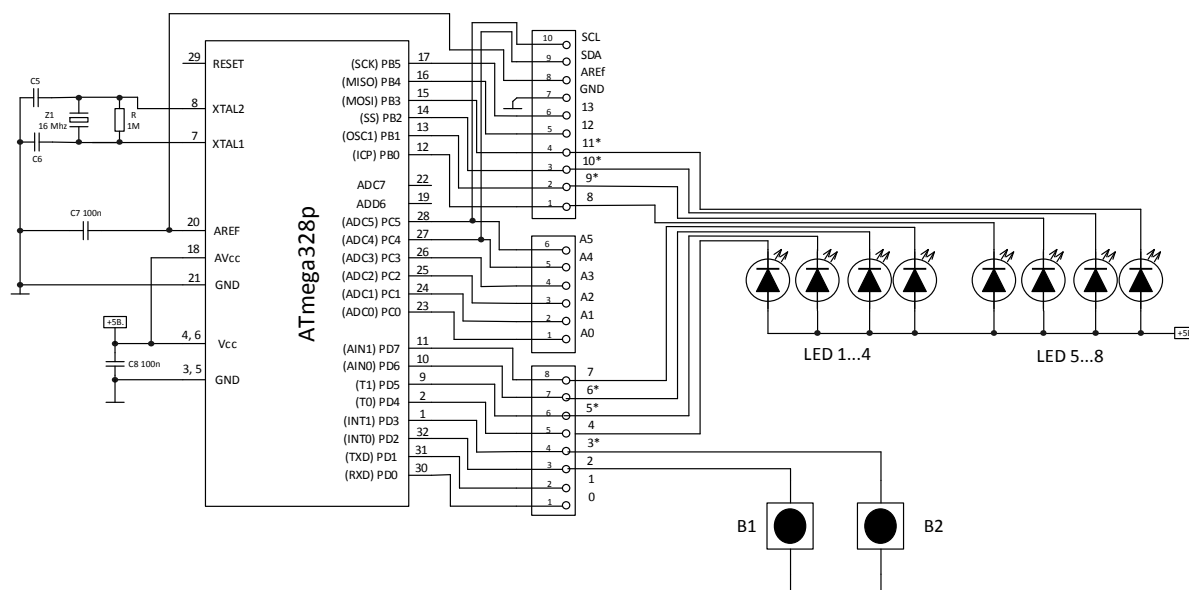


Рис. 2.1. Принципиальная электрическая схема

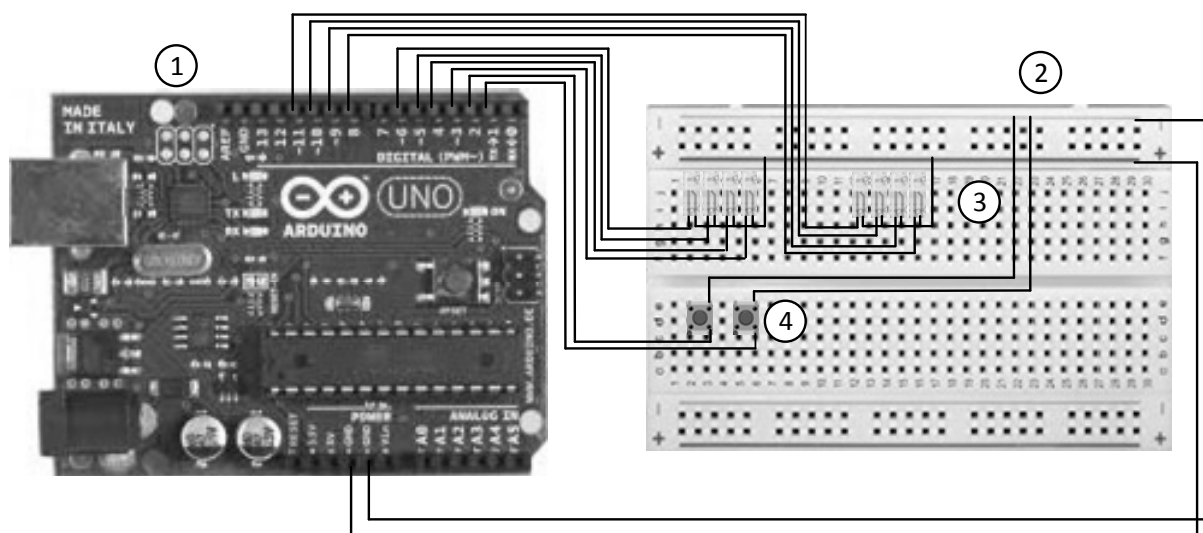


Рис. 2.2. Монтажная схема соединений:

- 1 – плата контроллера Arduino Uno; 2 – макетная плата Bread Board;
3 – две группы светодиодов по 4 шт. в каждой группе; 4 – кнопки управления

Вторая часть устройства – программная. Прежде, чем писать код программы, необходимо разработать, придумать последовательность действий, которую программа будет выполнять. Эта последовательность носит название – алгоритм. При разработке программного обеспечения в первую очередь разрабатывается алгоритм и только потом сама программа, и ни в коем случае не наоборот. Графическим отображением алгоритма является блок-схема. На рисунке 2.3 приведена возможная блок-схема работы автомобильного указателя поворотов.

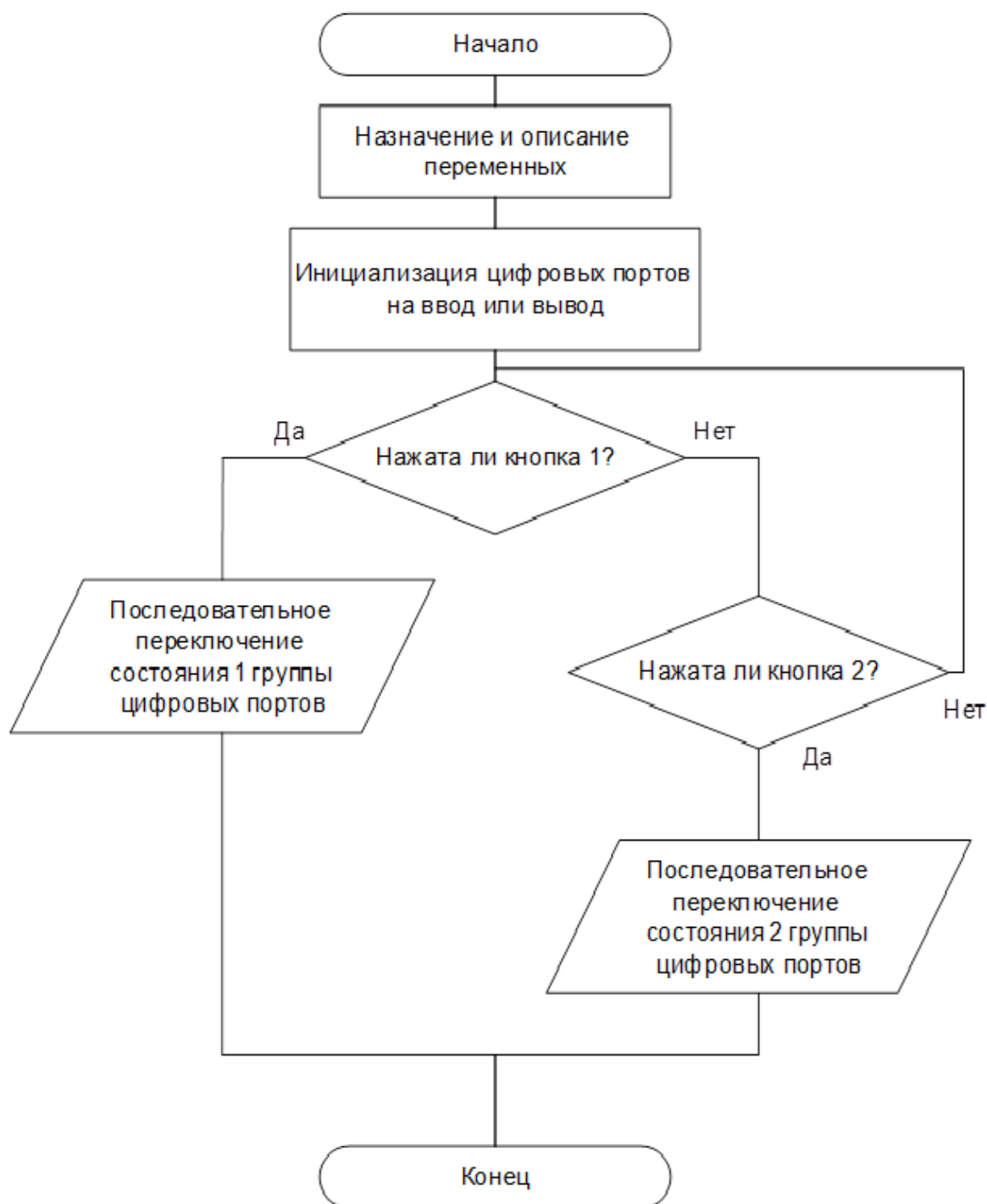


Рис. 2.3. Вариант блок-схемы работы автомобильного указателя поворота

Следующий этап выполнения лабораторной работы №1 – разработка и отладка программы, на основе ранее разработанного алгоритма. Выполняется в среде Arduino IDE, которая установлена на компьютерах в учебных лабораториях кафедры.

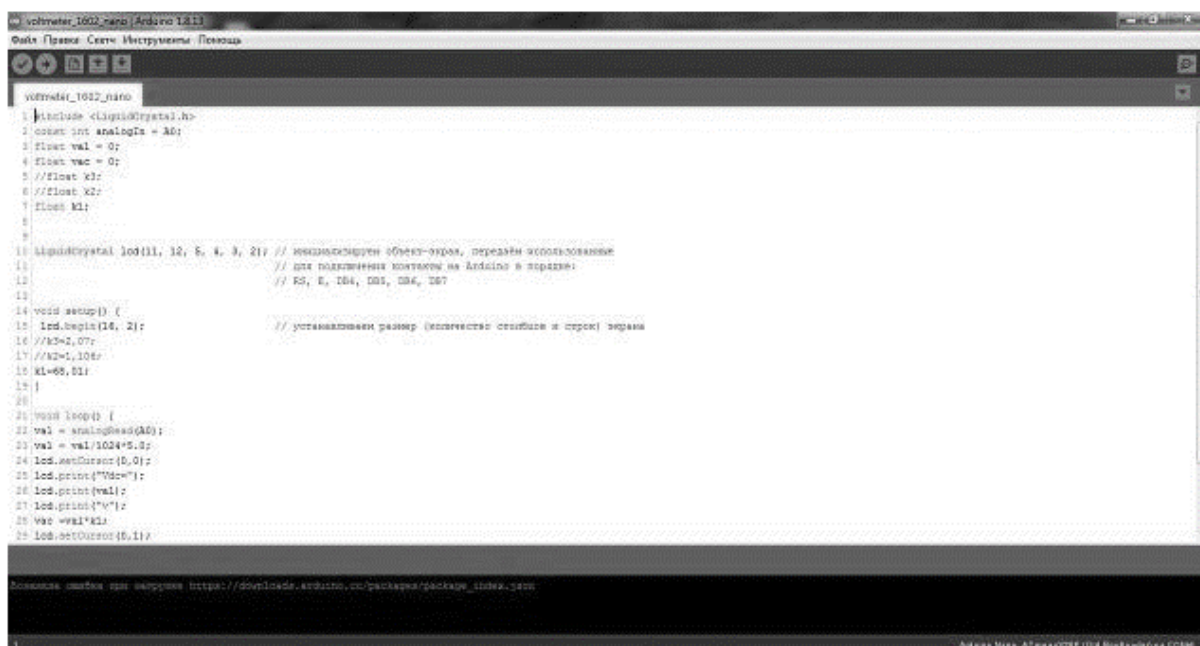


Рис. 2.4. Окно редактирования скетча проекта

После того, как программа отлажена, необходимо составить и оформить технический отчет о проделанной работе. Если лабораторная работа выполнялась в составе подгруппы, то отчет оформляется один на подгруппу, на титульном листе указываются фамилии всех студентов подгруппы.

Отчет должен содержать:

Титульный лист.

Описание задания для лабораторной работы.

Принципиальную электрическую схему устройства.

Блок-схему алгоритма программы.

Текст разработанной программы.

Вывод.

Список использованной литературы или источников из сети Интернет.

2.2. Лабораторная работа № 2

Управление семисегментным светодиодным индикатором, подключенным к цифровым портам микроконтроллера

Подключение индикатора к портам микроконтроллера может быть осуществлено непосредственно, а может – через дополнительные электронные компоненты, такие как регистр сдвига 74 HC595 или драйвер светодиодных дисплеев MAX7219. Микросхема MAX7219, помимо управления семисегментными индикаторами, может управлять и матричными светодиодными индикаторами.

Разберемся, что есть что. Что такое семисегментный светодиодный знакосинтезирующий индикатор? Это полупроводниковый электронный прибор, который может отображать информацию в виде синтеза десятичной цифры и некоторых дополнительных знаков. Индикатор может излучать свет различных цветов. Это зависит от материала полупроводника, из которого изготовлен индикатор. Например, красный светодиод – это алюминия-галлия-индия фосфид. Желтый светодиод – это галлия фосфид-арсенид, зеленый – индия-галлия нитрид (InGaN) / галлия(III) нитрид (GaN).

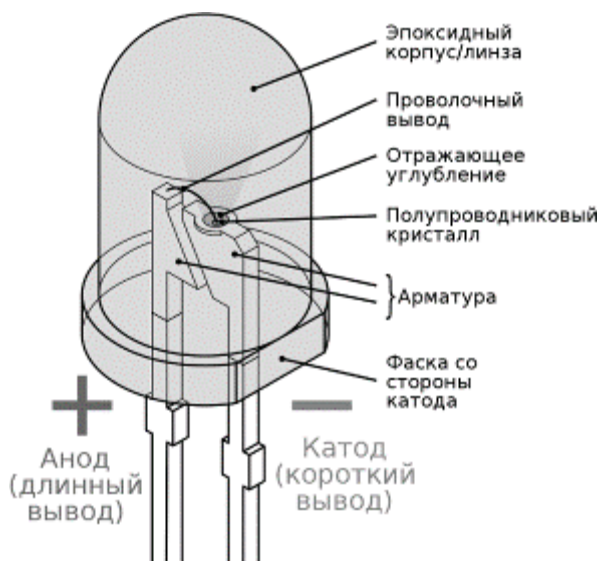


Рис. 2.5. Конструкция светодиода

На рисунке 2.5 представлена конструкция одиночного светодиода. Одноразрядный семисегментный индикатор представляет собой комбинацию восьми отдельных светодиодов, сгруппированных в определенном порядке, который представляет собой цифру 8 с точкой, которую называют десятичной. При создании многоразрядных индикаторов из одноразрядных эта точка служит запятой или разделителем разрядов.

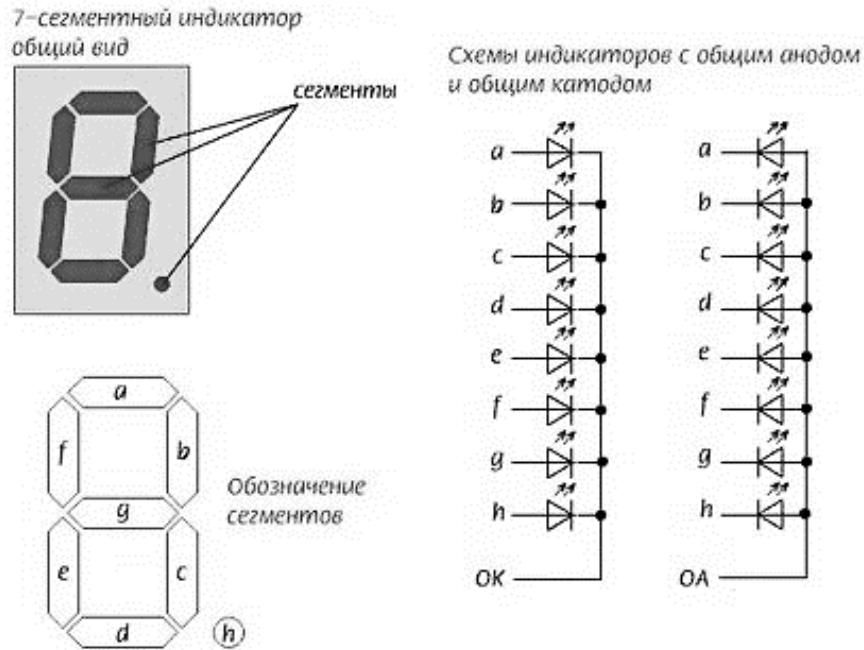


Рис. 2.6. Устройство светодиодного семисегментного индикатора

Каждому светодиоду в знаке присвоено обозначение. Для уменьшения количества контактов объединяют либо катоды всех светодиодов одного знака, либо аноды всех светодиодов. В первом случае получаем индикатор с общим катодом (ОК), во втором случае – с общим анодом (ОА).

Когда необходимо отобразить количество цифр больше, чем одну, одноразрядные индикаторы объединяют в многоразрядные. Как правило, при этом соединяют одноименные выводы одиночных индикаторов, а вот выводы катодов или анодов объединяют поразрядно для дальнейшего управления разрядами индикатора. Способ управления многоразрядным индикатором, когда к источнику кода цифры подключаются все разряды одновременно, но синхронизируется вывод кода цифры конкретного разряда с включением катода или анода этого разряда называется динамической индикацией. Динамическая индикация широко используется в различных электронных устройствах.



Рис.2.7. Четырехразрядный светодиодный индикатор

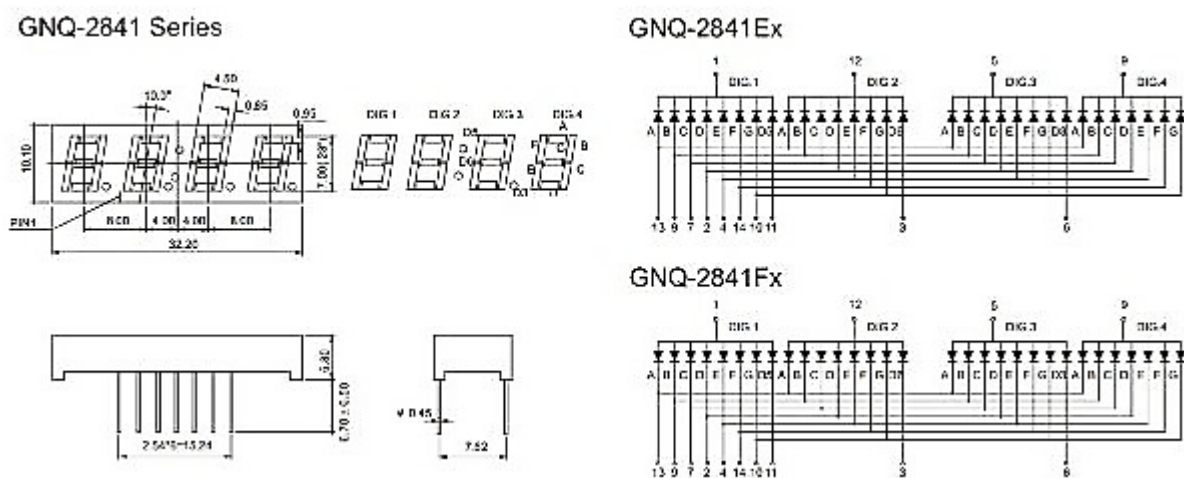


Рис. 2.8. Схема внутренних соединений четырехразрядного светодиодного индикатора

Количество разрядов может быть разным, но на практике широко используются 4, 6, 8 и 12-разрядные индикаторы. При этом возможны разные способы управления индикаторами от схем на «обычной» логике до специализированных микросхем, которые носят название «драйвер LED дисплея».

Кроме семисегментных индикаторов существуют индикаторы, в которых светодиоды распределены по столбцам и строкам, образуя матрицу. Такой индикатор называют матричным.

Многоразрядные светодиодные индикаторы применяются в качестве дисплеев в различных измерительных и счетных устройствах, например, в часах, частотомерах, калькуляторах. Количество разрядов зависит от того, где применяется индикатор. В часах и мультиметре достаточно четырех разрядов, в частотомере, как правило, 4-8 разрядов, а в калькуляторе может быть 10-12 разрядов. При этом сами индикаторы могут быть как семисегментными, так и матричными.

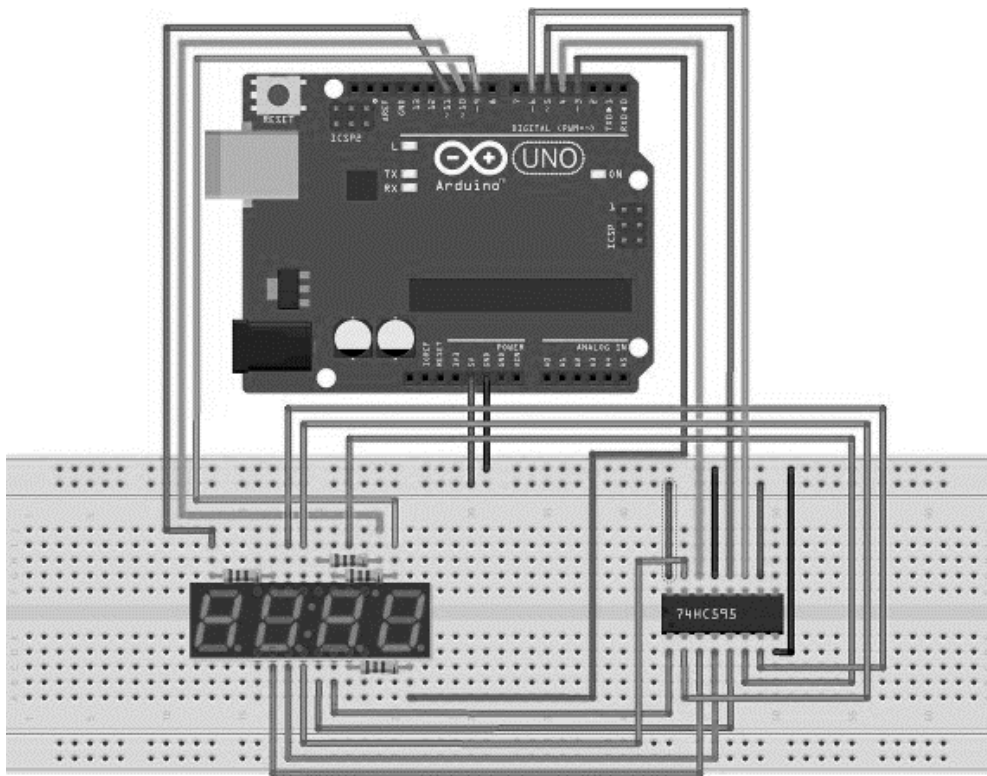


Рис. 2.11. Схема четырехразрядного светодиодного индикатора на 74HC595

Кроме микросхемы 74HC595, для управления светодиодными индикаторами можно использовать специализированную микросхему MAX7219. Использование данного драйвера в электронных устройствах на микроконтроллере значительно упрощает вывод информации на индикаторы. Отпадает необходимость в реализации динамической индикации, как следствие, экономия процессорного времени, упрощение кода программы. Управление драйвером осуществляется по интерфейсу SPI, для реализации которого потребуется выделить всего три линии ввода/вывода микроконтроллера, максимальная частота тактирования равна 10 МГц. Помимо семисегментных индикаторов, с помощью драйвера можно управлять светодиодной матрицей. MAX7221 является аналогичным драйвером, с незначительными отличиями.

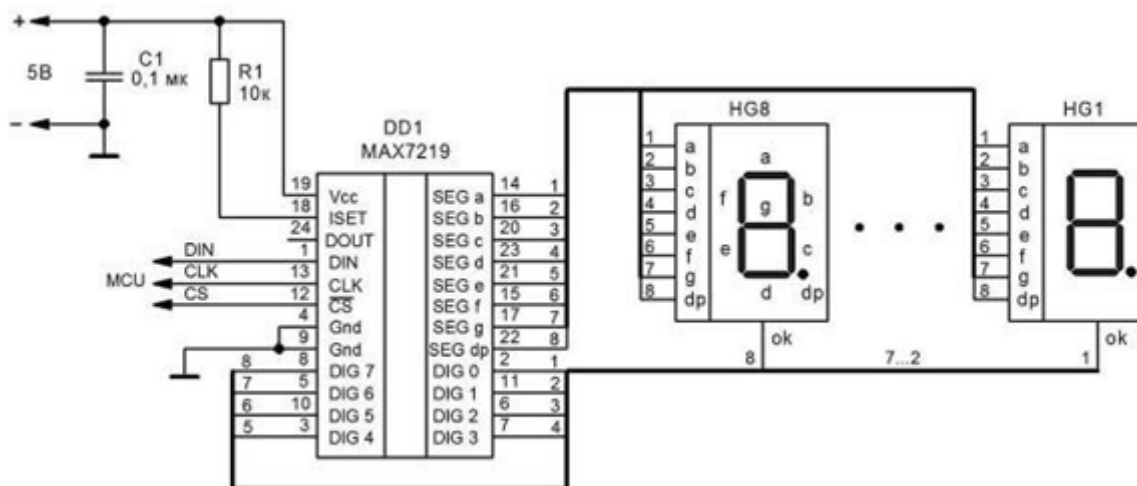


Рис. 2.12. Схема включения MAX7219 в режиме управления 8-разрядным семисегментным светодиодным индикатором

Законченное устройство в виде модуля для подключения к платформе Ардуино представлено на рис. 2.13.

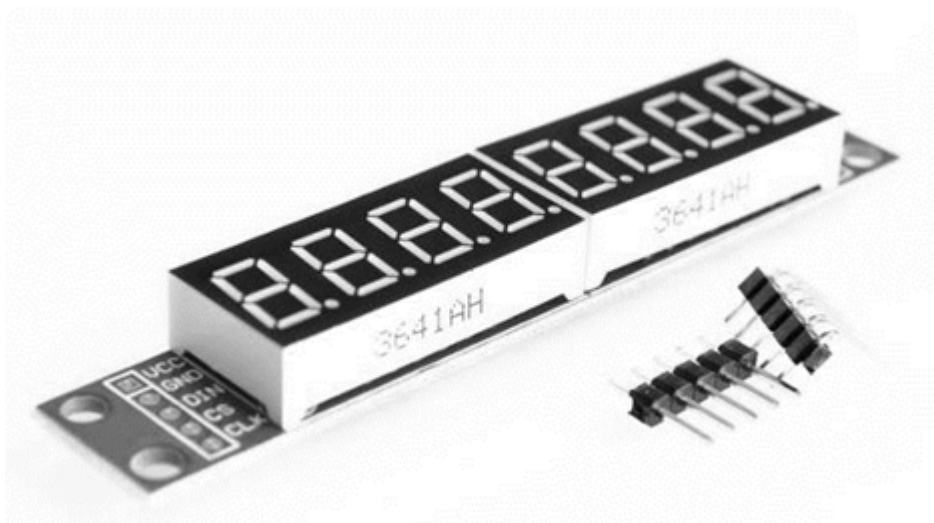


Рис. 2.13. Модуль на микросхеме MAX7219

Помимо семисегментных индикаторов микросхема MAX7219 способна управлять и матричными индикаторами. Матричный индикатор – разновидность знаковосинтезирующего индикатора, в котором элементы индикации сгруппированы по строкам и столбцам. Матричный индикатор предназначен для отображения символов, специальных знаков и графических изображений в различных устройствах.

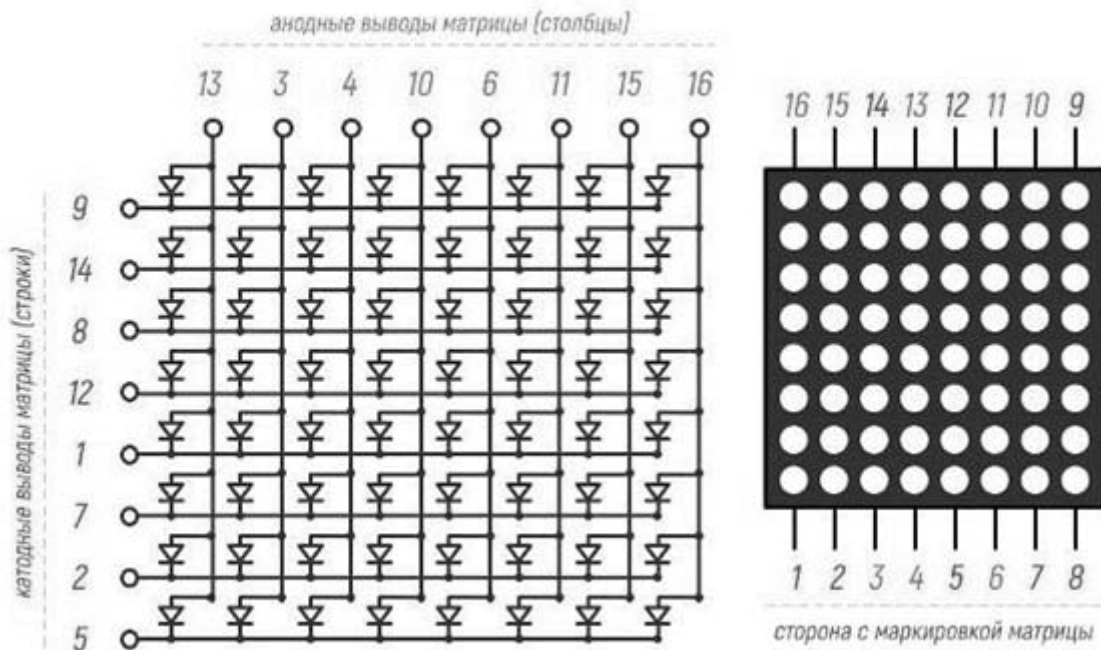


Рис. 2.14. Устройство матричного индикатора 8x8

Матричные индикаторы могут иметь 5x7 и 8x8 элементов на одно зна-коместо. Для отображения символов необходимо использовать источник кода – знакогенератор, который необходимо загрузить либо в память микроконтроллера, либо использовать имеющийся в специализированных микросхемах управления, например, в драйвере MAX7219.

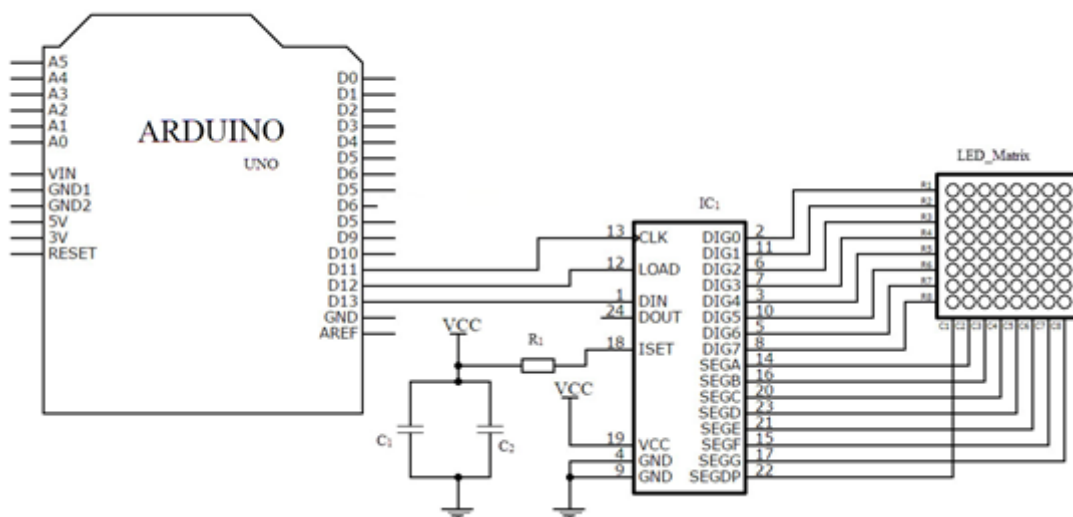


Рис. 2.15. Принципиальная электрическая схема подключения к контроллеру Ардуино одиночного матричного индикатора с управлением драйвером MAX7219

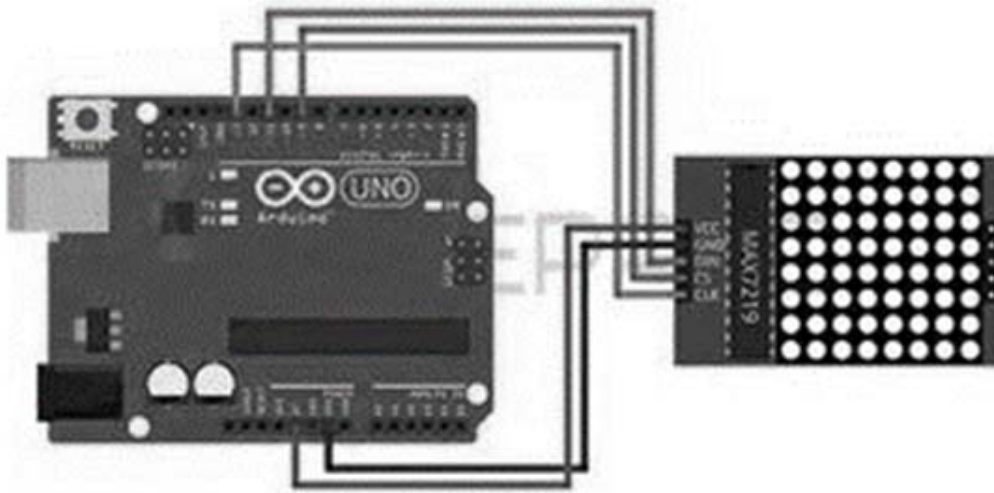


Рис. 2.16. Монтажная схема подключения к контроллеру Ардуино одиночного матричного индикатора с управлением драйвером MAX7219

Промышленностью также выпускаются и матричные индикаторы в виде модуля для контроллера Ардуино на 4 знакоместа 8x8 элементов.



Рис. 2.17. Матричный индикатор для Ардуино 8x32

Задание для выполнения лабораторной работы №2

1. Составить схему управления светодиодным индикатором, которая обеспечивает режим изменения отображения информации от нажатия кнопки. Вид индикатора и способ его управления необходимо согласовать с преподавателем.
2. Составить алгоритм работы программы в форме блок-схемы.
3. Написать программу управления индикатором.

2.3. Лабораторная работа № 3

Изучение работы жидкокристаллических дисплеев

Практически всегда при работе с устройствами измерения и контроля требуется устройство индикации на котором отображались бы результаты и измерений и параметры контроля. В предыдущей лабораторной работе мы уже рассмотрели работу светодиодных индикаторов. Жидкокристаллические обладают большей экономичностью, широкими возможностями по отображению различного рода информации, как текстовой, так и графической.

Жидкокристаллические индикаторы бывают символьными и графическими. Символьные (или знаковосинтезирующие) индикаторы предназначены для отображения текстовой информации и некоторых графических символов (рис. 2.18).

Символьные дисплеи выпускаются одно-, двух- или четырехстрочными (рис. 2.19). Как правило, эта характеристика дисплея всегда присутствует в названии конкретного устройства, например, Winstar WH1602A. Этот дисплей имеет 2 строки по 16 символов в каждой. Каждое знакоместо для отображения символа представляет собой матрицу элементов размером 5x8.

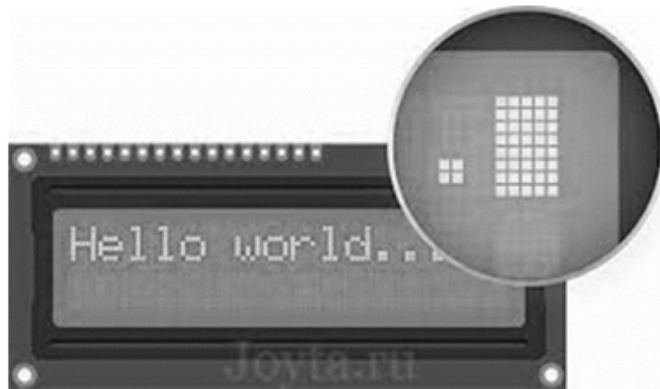


Рис. 2.18. Устройство знакоместа в жидкокристаллическом дисплее



Рис. 2.19. Двух- и четырехстрочный жидкокристаллические дисплеи

Подключить LCD дисплей к контроллеру Arduino можно различными способами. Самым простым способом будет непосредственное подключение выводов дисплея к портам контроллера (рис. 2.20, 2.21).

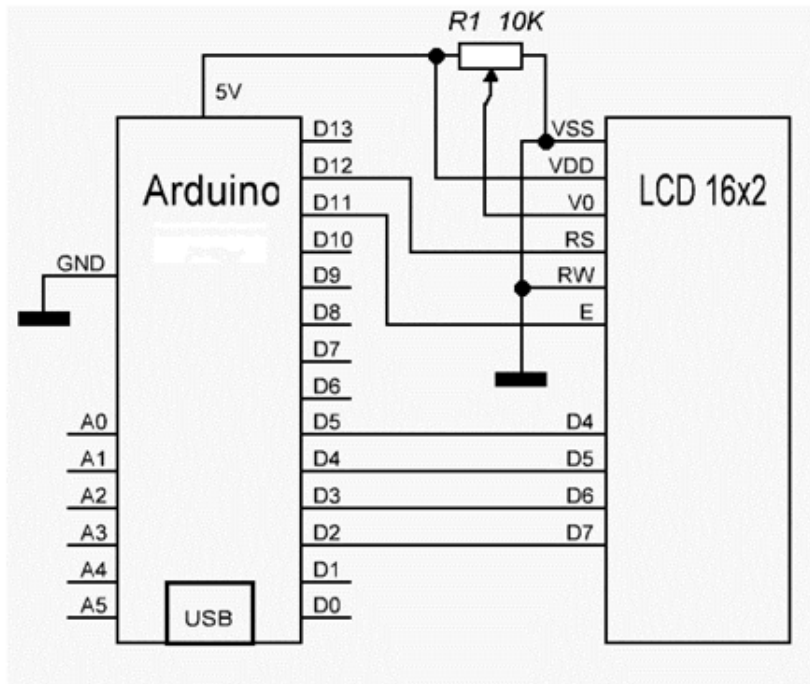


Рис. 2.20. Электрическая схема подключения LCD 1602 дисплея непосредственно к цифровым портам контроллера

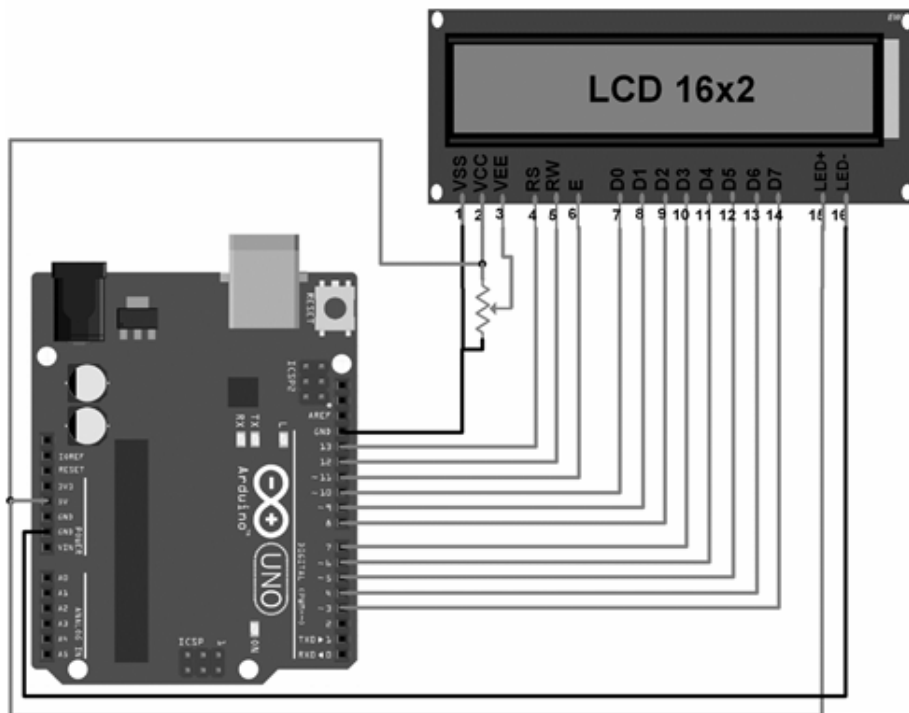


Рис. 2.21. Монтажная схема подключения LCD дисплея непосредственно к цифровым портам контроллера

Подключение дисплея непосредственно к цифровым портам микроконтроллера не только самый простой способ, но и самый скоростной в части обмена информацией с контроллером (рис. 2.22). Главным недостатком такого подключения является то, что при этом заняты почти все цифровые порты. И подключение других устройств, использующих цифровые порты, становится затруднительным. Поэтому такой способ подключения используется только в устройствах, где необходима высокая скорость обмена информацией с контроллером, например, при измерении параметров высокоскоростных процессов.

Для сокращения количества проводников можно использовать обмен с контроллером в виде последовательной передачи сначала младшей, а потом старшей части байта управления из микроконтроллера в дисплей. При таком способе необходимо только четыре цифровых порта, что существенно экономит ресурсы микроконтроллера.

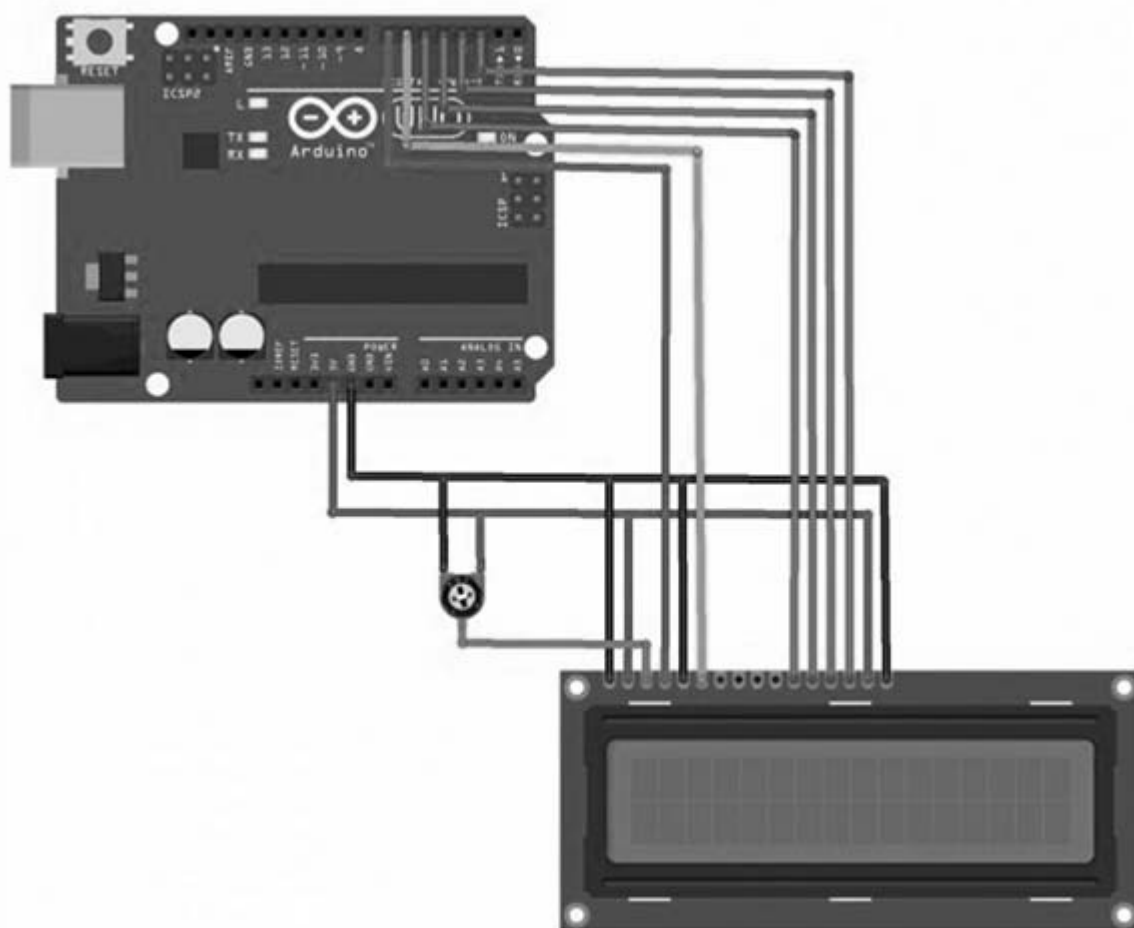


Рис. 2.22. Монтажная схема подключения LCD дисплея непосредственно к цифровым портам контроллера по 4-проводной схеме

Другим способом подключения LCD дисплея к контроллеру – это использование интерфейсной шины I²C (Inter-Integrated Circuit). Inter-Integrated Circuit – последовательная асимметричная шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов. Использует две двунаправленные линии связи (SDA и SCL), применяется для соединения низкоскоростных периферийных компонентов с процессорами и микроконтроллерами (например, на материнских платах, во встраиваемых системах, в мобильных телефонах). Для соединения необходимо, чтобы дисплей тоже поддерживал возможность соединения с контроллером по шине I²C. Если дисплей не поддерживает такое соединение, то его можно подключить через преобразователь интерфейса (рис. 2.23-2.25).

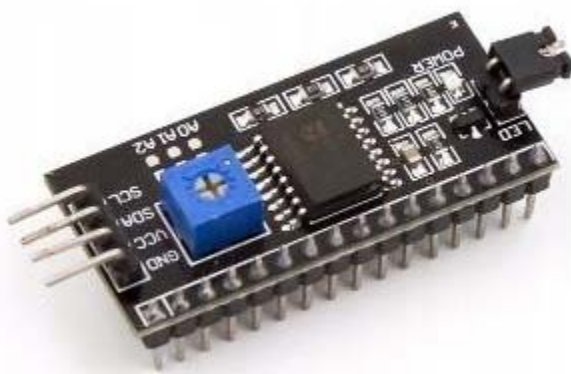


Рис. 2.23. Преобразователь интерфейса для подключения LCD дисплеев

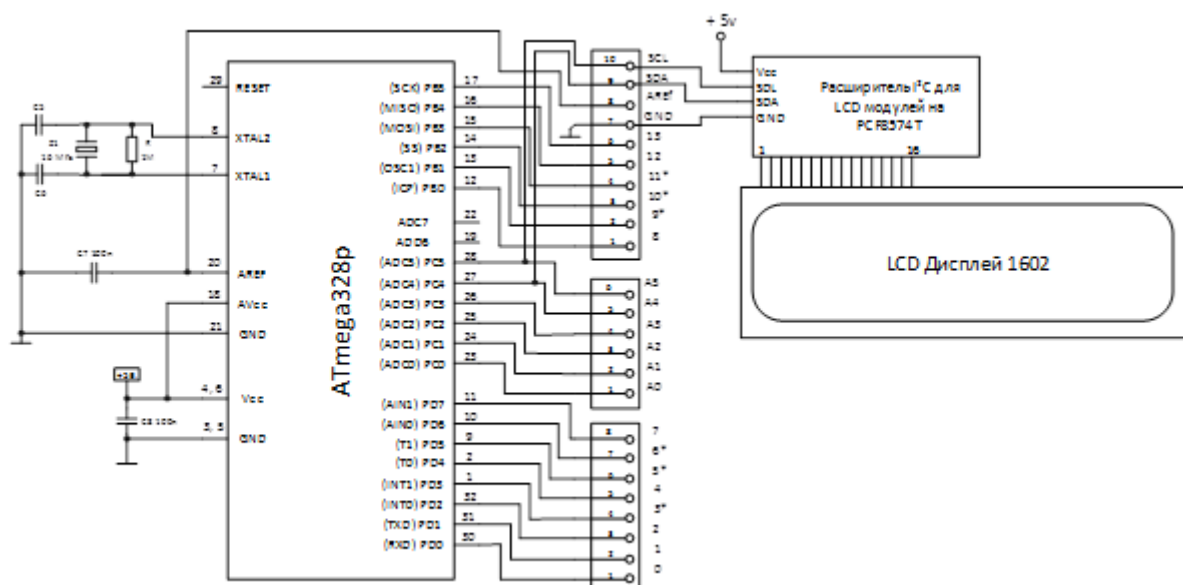


Рис. 2.24. Принципиальная электрическая схема подключения дисплея типа 1602 с помощью модуля расширения PCF8574T

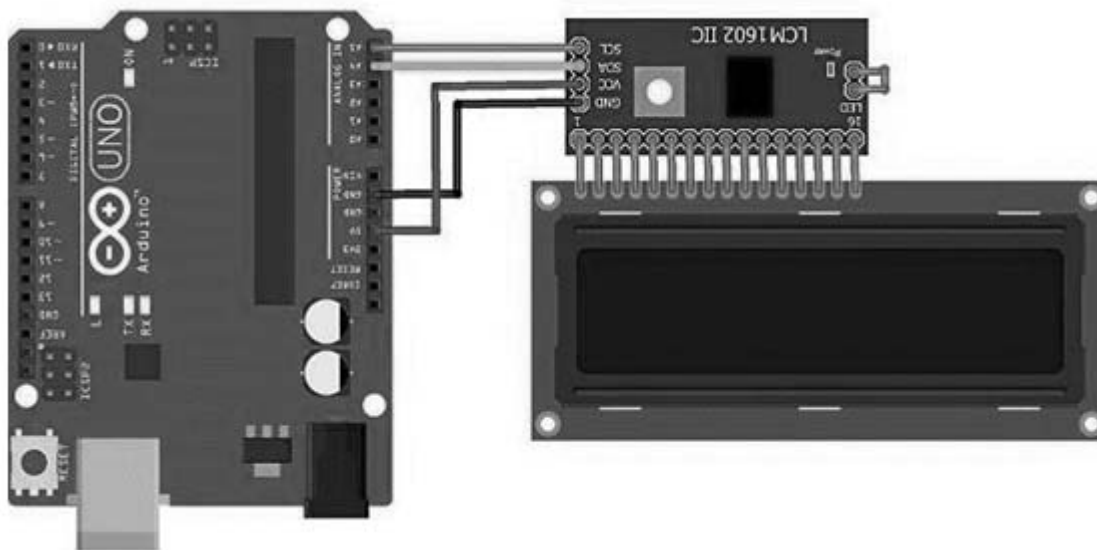


Рис. 2.25. Монтажная схема подключения дисплея, используя конвертер интерфейса

Задание для выполнения лабораторной работы №3

1. Составить схему подключения жидкокристаллического индикатора, которая позволяет вывести информацию, получаемую от компьютера. Тип индикатора и способ управления им необходимо согласовать с преподавателем.
2. Составить алгоритм работы программы в форме блок-схемы.
3. Написать программу управления индикатором.

2.4. Лабораторная работа № 4

Измерение значений температуры, влажности и атмосферного давления с помощью датчиков DHT-11, BMP180

Задание для выполнения лабораторной работы №4

1. Составить схему подключения датчика DHT-11, датчика BMP180. Результат измерений вывести на четырехстрочный жидкокристаллический индикатор, подключенный по шине I²C. Единицы измерения для температуры – градусы Цельсия, влажности – проценты, атмосферного давления – миллиметры ртутного столба.
2. Составить алгоритм работы программы в форме блок-схемы.
3. Написать программу для инициализации датчиков, управления измерением, обработки и индикации результатов измерений.

Используемые в работе датчики: ДНТ-11, ВМР-180.

Датчик для измерения температуры и влажности – ДНТ-11 (рис. 2.26). Датчик состоит из двух частей – емкостного датчика температуры и гигрометра. Первый используется для измерения температуры, второй – для влажности воздуха. Находящийся внутри чип может выполнять аналого-цифровые преобразования и выдавать цифровой сигнал, который считывается посредством микроконтроллера.

Характеристики измерения относительной влажности (RH)

Предел измерения: 20...95%;

Погрешность измерения: $\pm 5\%$ при $+25^\circ\text{C}$;

Разрешение: 1%.

Характеристики измерения температуры

Предел измерения: 0... $+50^\circ\text{C}$;

Погрешность измерения: $\pm 2^\circ\text{C}$;

Разрешение: 1°C .

Характеристики питания:

Питание: 3,5-5,5 В;

Ток потребления в режиме измерения: 2.5 мА;

Ток потребления в режиме ожидания 150 мкА.

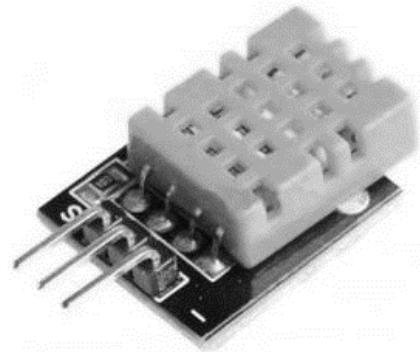


Рис. 2.26. Датчик ДНТ-11

Датчик для измерения атмосферного давления – ВМР-180. Это – измеритель абсолютного давления, построенный по пьезорезистивной схеме, имеет низкий шум и высокую линейность, а также высокую скорость установки показаний. Выходной интерфейс барометра ВМР180 – I²C. На модуле размещен линейный стабилизатор напряжения ХС6206Р332МР, обеспечивающий напряжение питания самого датчика ВМР180 не более 3.3 В.

Характеристики

Диапазон измерения: 30...110 кПа или -500 ... 9000 м над уровнем моря;

Точность измерения: 0.17 м (0.5 м в режиме пониженного энергопотребления);

Напряжение питания модуля: 2-5 В;

Напряжение логики: 1.8 V / 3.3 В;

Ток потребления: 5 мкА в режиме пониженного энергопотребления, 0.1 мкА в режиме ожидания;

Измерение температуры: -40 ... 85 °C;

Подключение: I²C интерфейс.



Рис. 2.27. Датчик BMP-180

Схема подключения датчика DHT-11 и датчика BMP-180 к контроллеру Arduino UNO.

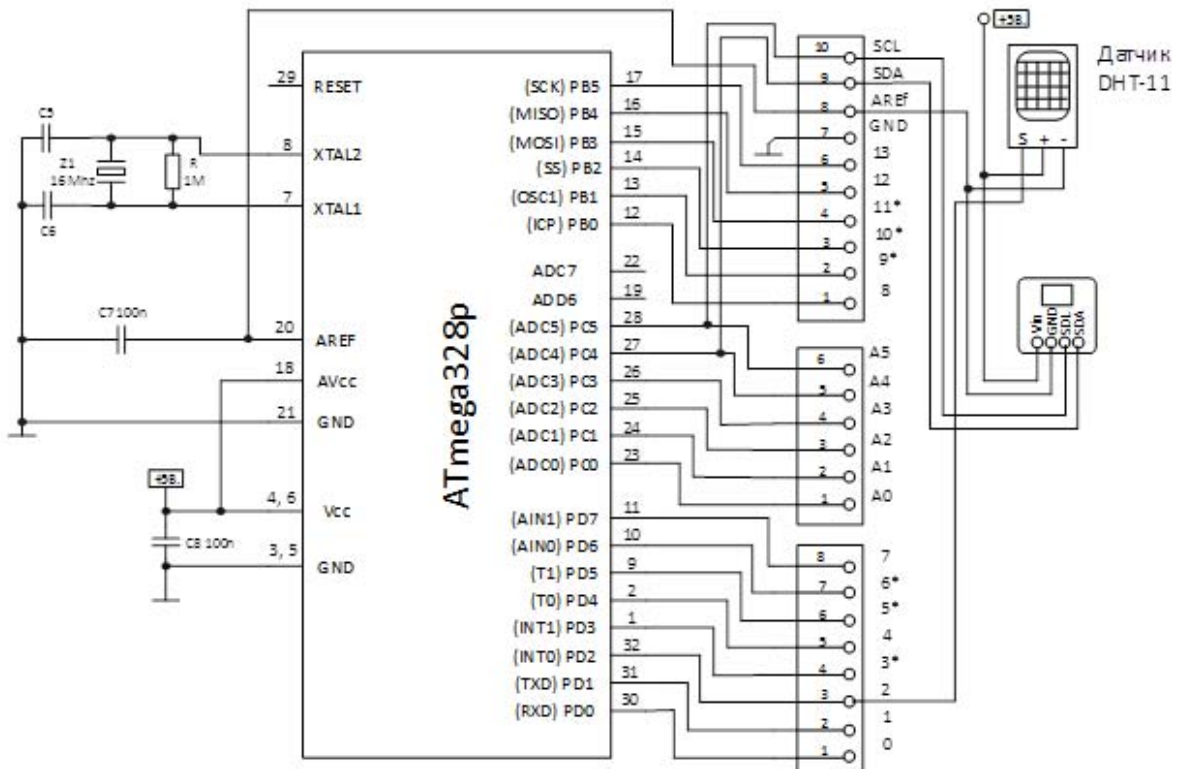


Рис. 2.28. Принципиальная электрическая схема подключения датчиков DHT-11 и BMP-180 к контроллеру Arduino

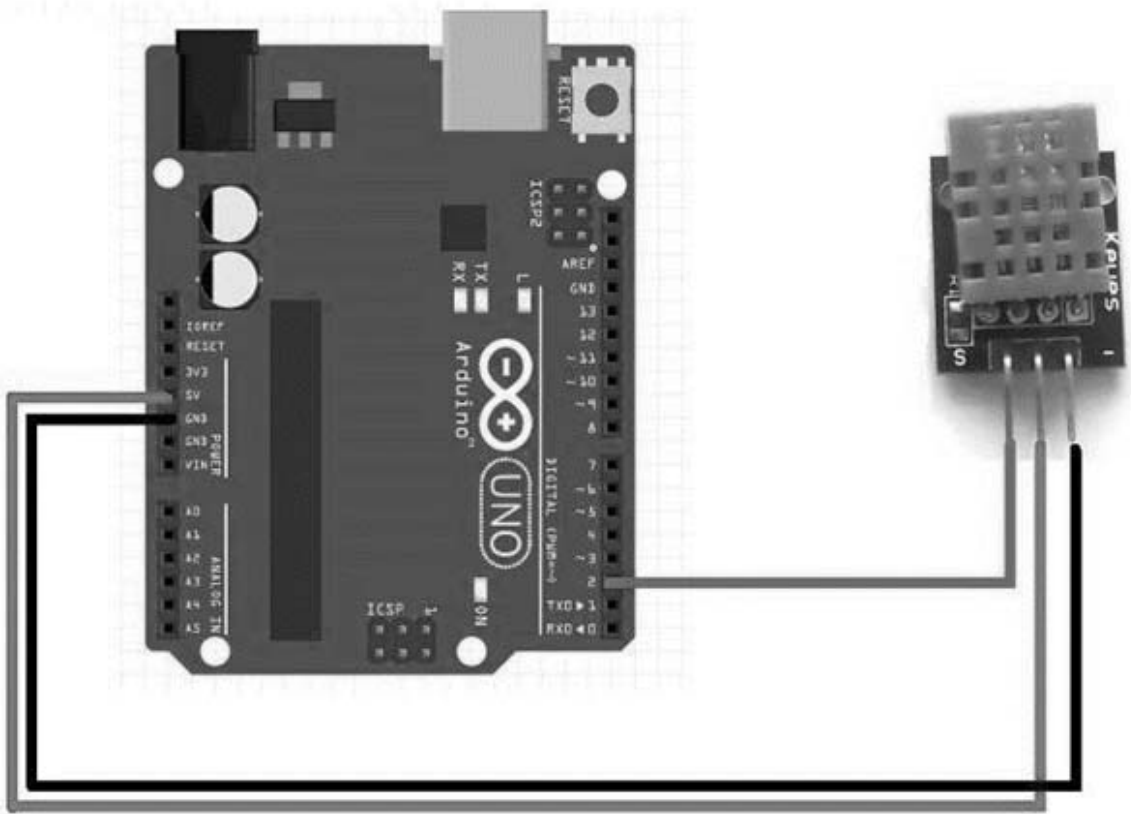


Рис. 2.29. Монтажная схема подключения датчика DHT-11 к контроллеру Arduino

Схема подключения датчика атмосферного давления BMP-180 к контроллеру Arduino приведена по протоколу I²C на рис. 2.30.



Рис. 2.30. Монтажная схема подключения датчика BMP-180 к контроллеру

2.5. Лабораторная работа № 5

Измерение значений температуры, влажности и уровня содержания углекислого газа в помещении с помощью датчиков DHT-11, MQ-135

При превышении установленного порогового значения по любому из трех величин (температура, влажность, содержание CO₂ в воздухе) необходимо включить устройство проветривания помещения (вентилятор), используя релейный модуль КУ-019.

Задание для выполнения лабораторной работы №5

1. Составить схему подключения датчика DHT-11, датчика MQ-135. Результат измерений вывести на четырехстрочный жидкокристаллический индикатор, подключенный по шине I²C.

Единицы измерения для температуры – градусы Цельсия, влажности – проценты, содержания CO₂ – проценты. При достижении порогового значения любой величиной необходимо включить вентилятор через релейный модуль КУ-019. Вывести на дисплей информацию о включении вентиляции и значение параметра, который послужил причиной включения вентилятора.

2. Составить алгоритм работы программы в форме блок-схемы.

3. Написать программу для инициализации датчиков, управления измерением, обработки, управления релейным модулем и индикации результатов измерений.

По сравнению с предыдущей лабораторной работой особенностью этой работы является применение датчика MQ-135, который может измерять наличие и концентрацию некоторых газов в составе воздуха в помещении и использование релейного модуля для управления вентиляцией, которая состоит из вентилятора постоянного или переменного тока.

Используемые в работе датчики – MQ-135 и релейный модуль KY-019

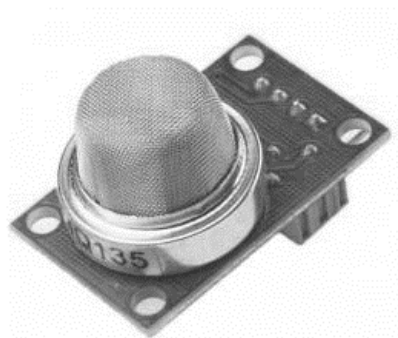


Рис. 2.31. Датчик MQ-135

Датчик MQ-135 – способен определять концентрацию широкого спектра газов в воздухе (природные газы, углекислый и угарный газ, углеводороды, дым, пары спирта и бензина).

Характеристики

Входное напряжение питания: 5 В (постоянного тока);

Потребляемый ток: 130 ... 140 мА (в активном режиме);

Потребляемый ток: 0,5 ... 0,8 мА (в режиме энергосбережения);

Сигнал на выходе: от 1,2 В \pm 0.5 до Vcc-4% (зависит от концентрации измеряемых газов);

Рабочая температура: 0 ... +50 °С;

Габариты: 30х30 мм.

Подключение

Аналоговый выход модуля «S» (Signal) – подключается к любому аналоговому входу Arduino и предназначен для снятия показаний модуля. Цифровой вход модуля «EN» (Enable) – подключается к любому выходу Arduino и предназначен для управления режимами работы модуля («1» – активный режим, «0» – режим энергосбережения). Если вход «EN» оставить неподключенным, то модуль будет находиться в активном режиме пока есть питание.

Схема подключения датчика MQ-135 и модуля KY-019 показана на рисунке 2.32.

Релейный модуль KY-019 представляет собой одноканальный модуль реле. Он имеет один нормально-замкнутый и один нормально-разомкнутый контакты.

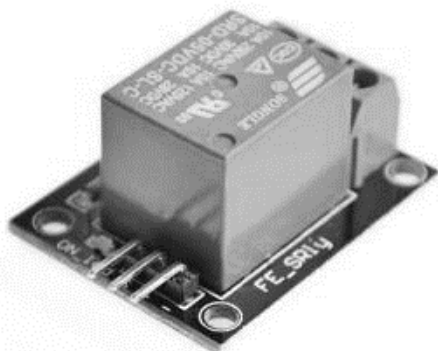


Рис. 2.34. Релейный модуль KY-019

Характеристики

управляющий сигнал: +3,5...12 В постоянного тока;

максимальный переменный ток и напряжение для контактов реле: 10 А/250 В;

максимальный постоянный ток и напряжение для контактов реле: 10 А/30 В;

Подключение модуля:

“S” – управляющий сигнал +3,5...12 В постоянного тока;

“+” – плюс 5В источника питания;

“-” – минус источника питания;

NC – нормально-замкнутый контакт реле;

NO – нормально-разомкнутый контакт реле;

COMMON – общий контакт реле.

Подключение релейного модуля KY-019 к контроллеру Ардуино может быть осуществлено непосредственно к цифровому порту микроконтроллера, так как на плате модуля есть силовой транзистор, который служит для увеличения значения силы тока, протекающего через нагрузку данного порта.

Схема подключения модуля KY-019 к контроллеру Ардуино приведена на рис. 2.35.

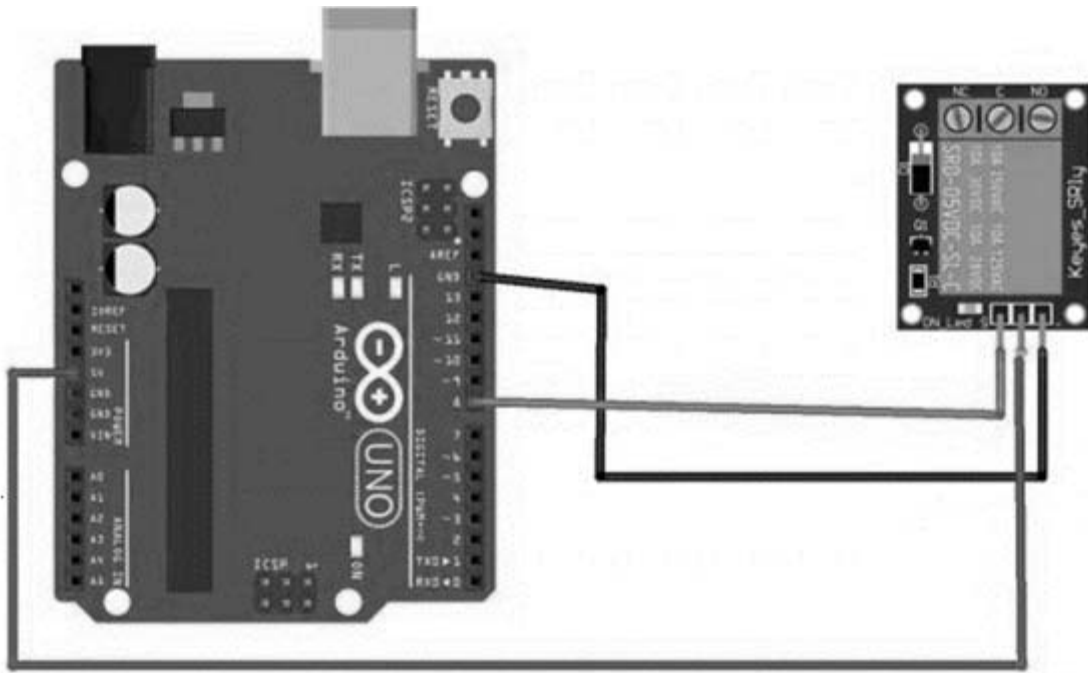


Рис. 2.35. Монтажное подключение модуля KY-019 к контроллеру Arduino UNO

В качестве устройства охлаждения можно использовать вентилятор, работающий как от переменного тока, так и постоянного. Например, вентилятор охлаждения компьютерного процессора. Причем такие вентиляторы имеют дополнительный вывод, с помощью которого можно регулировать обороты вращения. Такая возможность значительно расширяет круг задач, где можно применить такое устройство. Например, для вентиляции производственного помещения, где поток воздуха, создаваемый вентилятором, регулируется в зависимости от тепловыделения работающего в помещении оборудования, которое в свою очередь зависит от нагрузки на это оборудование. Регулирование оборотов осуществляется с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ или PWR). Для этого используются цифровые порты контроллера Ардуино с такой функцией (на плате контроллера они отмечены знаком ~).

На рис. 2.36 показан вариант схемы устройства с датчиками DHT-11, MQ-135, релейным модулем KY-019 и вентилятором охлаждения от персонального компьютера. Для питания вентилятора требуется отдельный источник с напряжением 12 в, поскольку на плате Ардуино такого источника нет.

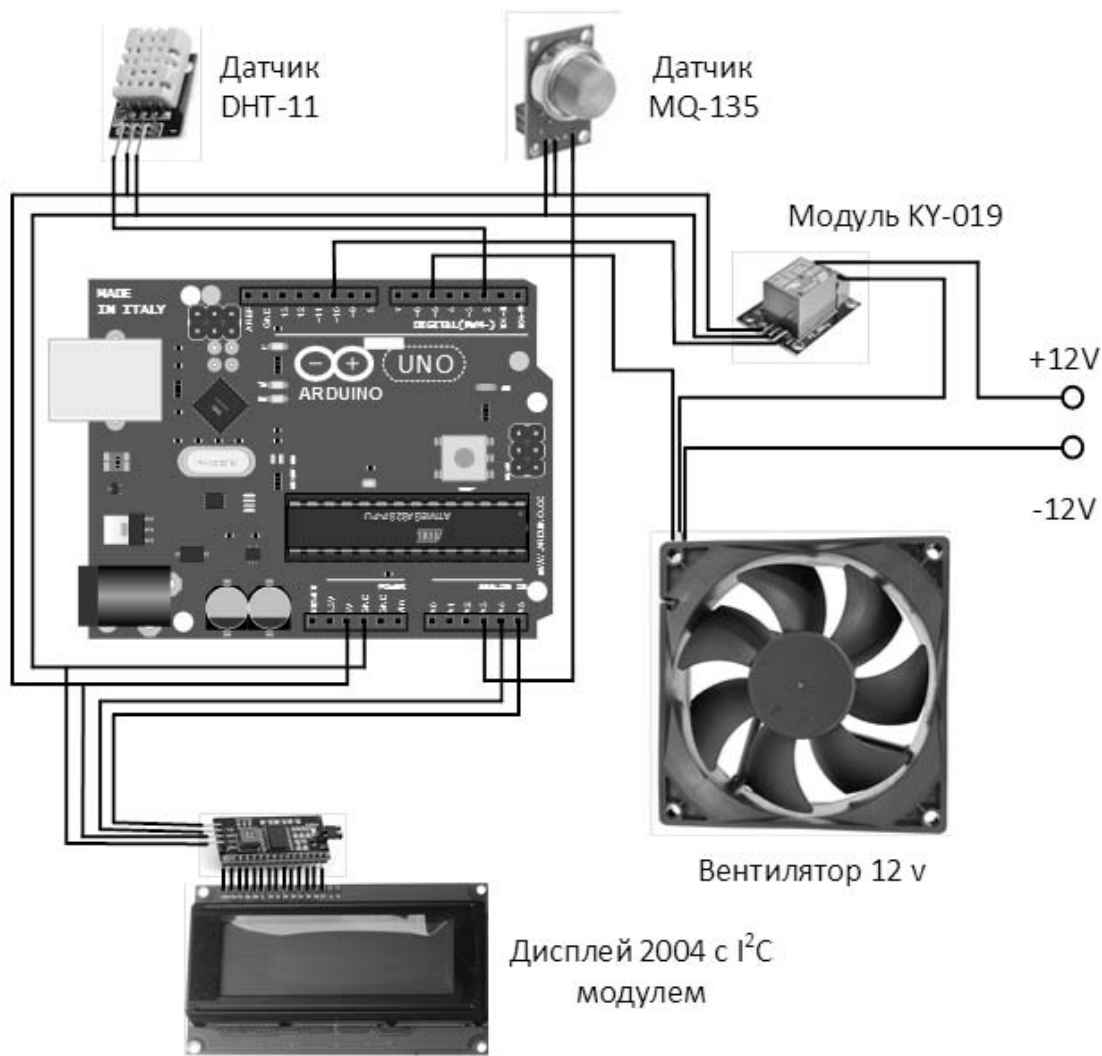


Рис. 2.36. Вариант монтажной схемы устройства

2.6. Лабораторная работа № 6

Измерение расстояния до препятствия с помощью ультразвукового датчика HC-SR04

Задание для выполнения лабораторной работы №6

1. Составить схему подключения датчика HC-SR04. Результат измерений вывести на четырехстрочный жидкокристаллический индикатор типа 2004А, подключенный по шине I²C. Единицы измерения расстояния – метры. При достижении установленного порогового значения необходимо включить звуковой сигнал.

2. Составить алгоритм работы программы в форме блок-схемы.

3. Написать программу для инициализации датчика, управления измерением, обработки и индикации результатов измерений.

Используемые датчики в работе: HC-SR04, модуль KY-012

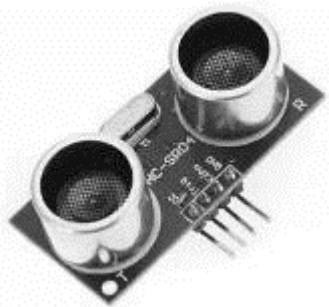


Рис. 2.37. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04

Ультразвуковой дальномер HC SR04 имеет следующие технические параметры:

Питающее напряжение 5 В;

Рабочий параметр силы тока – 15 мА;

Сила тока в пассивном состоянии <2 мА;

Обзорный угол – 15°;

Сенсорное разрешение – 0,3 см;

Измерительный угол – 30°;

Ширина импульса – 10-6 с.

Датчик оснащен четырьмя выводами (стандарт 2,54 мм):

Контакт питания положительного типа – +5 В;

Trig (T) – выход сигнала входа;

Echo (R) – вывод сигнала выхода;

GND – вывод «Земля».

Внимание! Так как в основу принципа действия положен ультразвук, то такой датчик не подходит для определения расстояния до звукопоглощающих объектов. Оптимальными для измерения являются предметы с ровной гладкой поверхностью.



Рис. 2.38. Принцип работы ультразвукового дальномера

На рисунке 2.39. представлена схема подключения датчика HC-SR04 к контроллеру Arduino UNO.

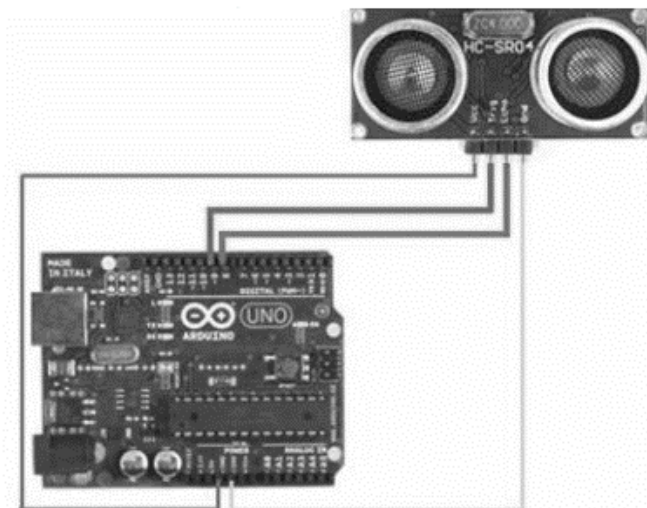


Рис. 2.39. Схема подключения датчика HC-SR04

Для генерации звуковых сигналов необходим излучатель звука. Существуют две разновидности пьезоизлучателей для использования совместно с контроллерами Ардуино: пассивный и активный. Различие между ними заключается в том, что пассивный излучатель необходимо запрограммировать для воспроизведения звуковых фрагментов, а на активный достаточно подать напряжения для воспроизведения звуковых сигналов. В нашем случае удобнее использовать активный излучатель.



Рис. 2.40. Активный пьезоизлучатель (модуль KY-012)

Схема подключения модуля KY-012 приведена на рис. 2.41.

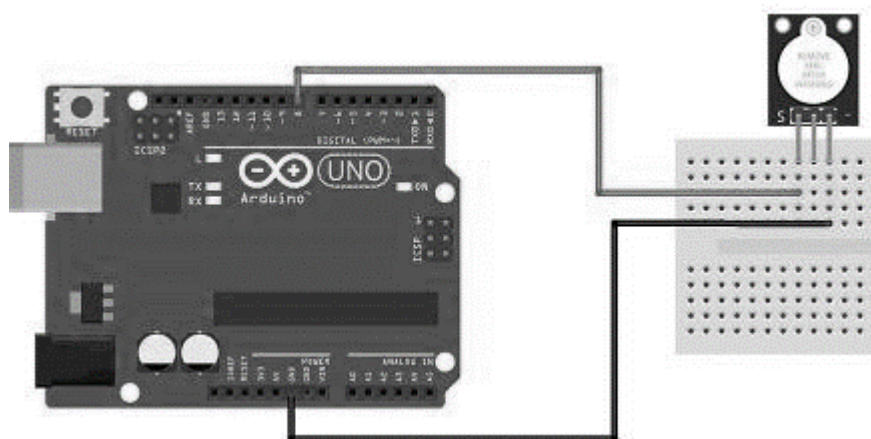


Рис. 2.41. Подключение модуля KY-012 к контроллеру

2.7. Лабораторная работа № 7

Управление электродвигателем (сервоприводом) с помощью джойстика

Задание для выполнения лабораторной работы №7

1. Составить схему подключения двухосевого аналогового джойстика KY-023, модуля PWM (ШИМ) для сервоприводов v2, сервопривода SG90 микро. Сервопривод должен управляться джойстиком. Отклонение джойстика влево должно вызывать вращение двигателя сервопривода против часовой стрелки, отклонение вправо – соответственно вращение по часовой стрелке.

2. Составить алгоритм работы программы в форме блок-схемы.

3. Написать программу для инициализации джойстика, модуля PWR, сервопривода. Какая-либо индикация не предусматривается.

Модули и устройства, используемые в работе: KY-023, SG90



Рис. 2.42. Аналоговый двухкоординатный джойстик KY-023

Двухосевой аналоговый XY-координатный модуль джойстика KY-023 оснащен возвратными пружинами и кнопкой, срабатывающей при надавливании на рукоятку джойстика. Перемещения джойстика передаются двум потенциометрам. Может быть использован с любым микроконтроллером. Для измерения положения джойстика необходимо измерить напряжение на соответствующем выводе при помощи АЦП микроконтроллера.

Характеристики

Размеры: 4x2.6x3.2 см;

2 потенциометра для 2 осей X и Y;

1 кнопка – координата Z, срабатывает при надавливании;

Контакты

GND – общий провод;

+5v – напряжение питания (может быть менее 5В);

VRX – напряжение координаты X;

VRV – напряжение координаты Y;

SW – состояние кнопки.



Рис. 2.43. Сервопривод SG90 микро

Характеристики

Размер: 21.5 мм x 11.8мм x 22.7 мм;

Вес: 9 г;

Скорость холостого хода: 0.12 секунд / 60 градусов (4.8 В);

Крутящий момент: 1.2-1.4 кг/см (4.8 В);

Рабочее напряжение: 4.8...6 В.

Сервопривод – это такой вид привода, который может точно управлять параметрами движения. Другими словами, это двигатель, который может повернуть свой вал на определенный угол или поддерживать непрерывное вращение с точным периодом. Конструкция сервопривода состоит из двигателя, датчика позиционирования и управляющей системы. Основной задачей таких устройств является реализация в области сервомеханизмов. Также сервоприводы нередко используются в таких сферах как обработка материалов, производство транспортного оборудования, обработка древесины, изготовление металлических листов, производство стройматериалов и другие.

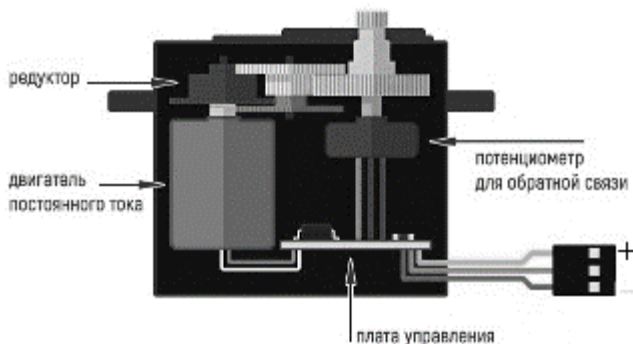


Рис. 2.44. Конструкция сервопривода SG90 микро

Для подключения сервопривода к контроллеру используется модуль расширения. Модуль широтно-импульсной модуляции ШИМ (PWM) на 16 каналов на чипе PCA9685. Модуль реализует 16-канальный 12-битный ШИМ. Имеет шестнадцать трехконтактных разъемов для подключения сервоприводов. Имеет отдельный вход подачи питания на сервоприводы.

Характеристики

ШИМ микросхема: PCA9685;

Интерфейс управления: I²C;

Частота ШИМ: 40-1000 Гц;

Напряжение питания: 3-5 В;

Напряжение логики: 3-5 В.

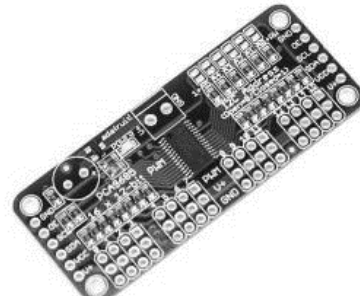


Рис. 2.45. Плата расширения на чипе PCA9685

Схема подключения модуля PWM на микросхеме PCA9685 к контроллеру Ардуино и сервоприводов к модулю приведена на рис. 2.46.

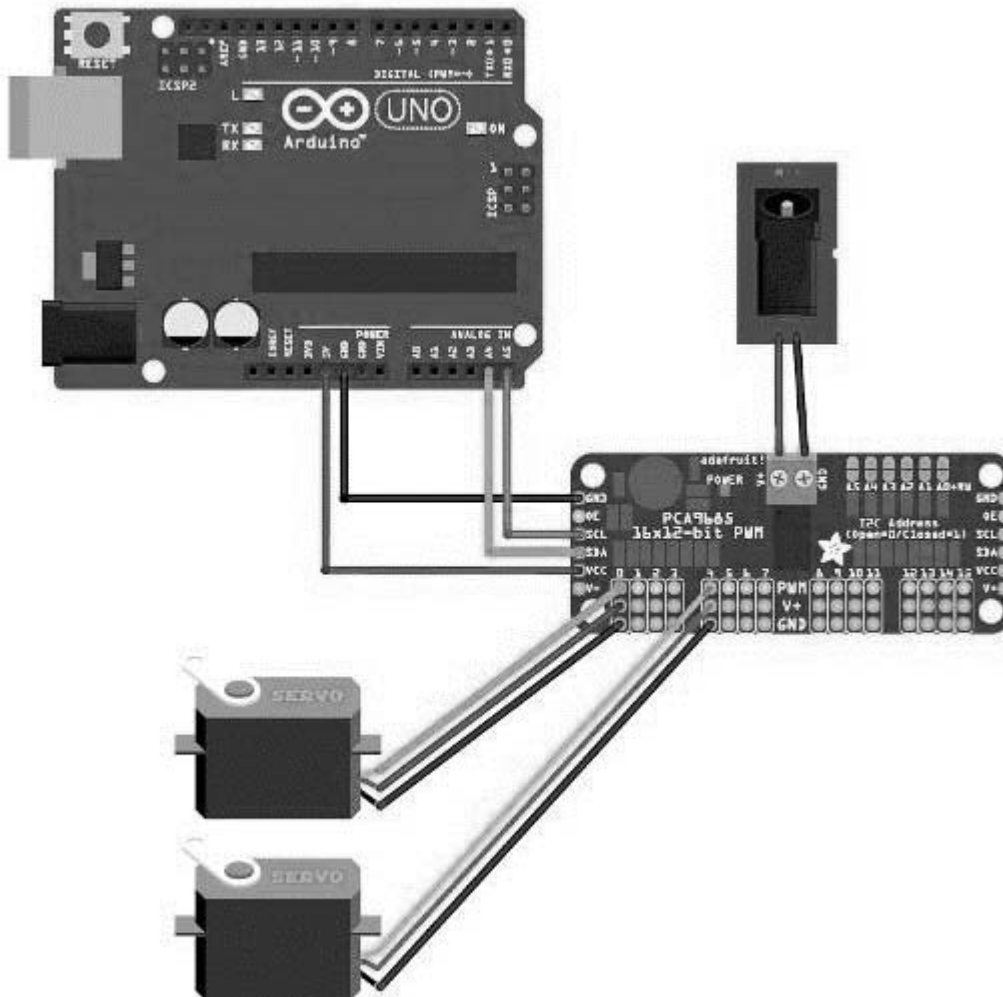


Рис. 2.46. Подключение модуля PWM (ШИМ) к контроллеру Ардуино

Необходимо учитывать, что сервопривод – устройство, которое может потреблять значительный ток, особенно под нагрузкой. Как правило, при разработке программного обеспечения для контроллера сам контроллер подключается к компьютеру по шине USB. При этом осуществляется не только информационный обмен, но питание контроллера от компьютера. Шина USB компьютера имеет ограничение по току – суммарно не более 0,5 А. Поэтому подключение сервоприводов в таком случае может привести к нестабильной работе всего устройства по причине нехватки мощности питания. Для предотвращения таких ситуаций лучшей практикой является питание модуля PWM (ШИМ) и, соответственно, сервоприводов от отдельного блока питания, для чего на плате модуля предусмотрен дополнительный разъем.

Схема подключения аналогового двухкоординатного джойстика KY-023 представлена на рис. 2.47.

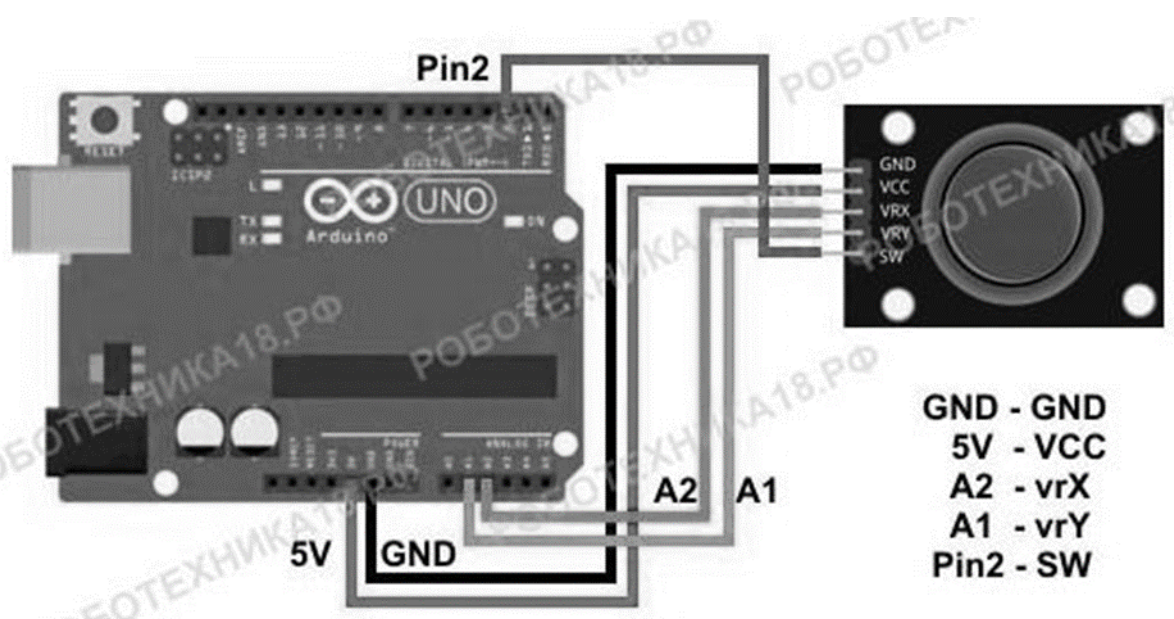


Рис. 2.47. Подключение двухкоординатного джойстика KY-023 к контроллеру

2.8. Лабораторная работа № 8

Изучение работы датчика определения координат GPS NEO 6M V2

Задание для выполнения лабораторной работы № 8

1. Составить схему подключения датчика NEO 6M V2 четырехстрочного дисплея по интерфейсу I²C.
2. Составить алгоритм работы программы в форме блок-схемы.
3. Написать программу для инициализации датчика GPS NEO 6M V2 четырехстрочного дисплея. Программа должна определять и выводить на дисплей текущие координаты местоположения устройства, точное время и количество спутников, от которых в данный момент принимается сигнал.

Модули и устройства, используемые в работе: дисплей 2004А, GPS модуль NEO-6М.

Жидкокристаллический дисплей 2004А уже был неоднократно использован, поэтому нет необходимости описывать его еще раз.

GPS-модуль NEO-6MV2.

Основа модуля – это небольшой GPS-чип NEO-6М (NEO-6М-0-001) с шагом контактов 0.1 мм. Для связи с микроконтроллером используется UART (TTL) с поддерживаемой скоростью передачи данных от 4800 до 230400 бод, по умолчанию 9600 бод. Чип способен отслеживать до 22 спутников на 50 каналах с большим уровнем чувствительности –161 дБ при потреблении тока питания всего 45 мА.

Так как рабочее напряжение чипа NEO-6М от 2.7 до 3.6, на модуле установлен стабилизатор напряжения MIC5205 с выходным напряжением 3.3 В.

На модуле дополнительно установлена микросхема НК24С32 (EEPROM) с памятью 4 КБ, которая подключена к NEO-6М через интерфейс I²C и перезаряжаемая батарейка, которая действует как суперконденсатор. С их помощью модуль NEO-6М значительно сокращает определение местоположения, до 1с.

В EEPROM хранятся данные часов, последние данные о местоположении (данные об орбите) и конфигурации модуля. Батарейка автоматически заряжается при включении модуля и сохраняет данные до двух недель.

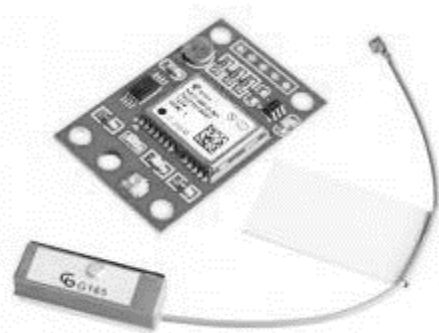


Рис. 2.48. Модуль GPS NEO-6M с активной антенной

Характеристики:

GPS-модуль: U-Blox NEO-6M-0-001;

Встроенная батарейка для быстрого, холодного старта;

Чувствительность: -161 dBm;

Скорость обновления: 5 Гц;

Интерфейсы: UART (выведен), SPI, DDC, ИС;

Передает координаты в формате: NMEA;

Скорость подключения по умолчанию по UART: 9600 бод;

Есть активная антенна;

Напряжение питания: 3-5 В;

Возможность работы с программами: U-Center и т.п.;

Размеры платы: 57x25x15 мм.

На модуле GPS NEO-6M установлен светодиод, который показывает состояние определения местоположения:

- не мигает – поиск спутников;
- мигает каждую 1 с – определение местоположения найдено (модуль видит достаточно спутников).

Назначение контактов модуля NEO-6M

Модуль GPS NEO-6M содержит 4 контакта, шагом 2.54 мм.

- GND – заземляющий вывод питания;
- TxD – вывод для передачи данных;
- RxD – вывод для получения данных;
- VCC – вывод питания 5 В.

Схема подключения модуля GPS NEO-6M представлена на рис. 2.49.

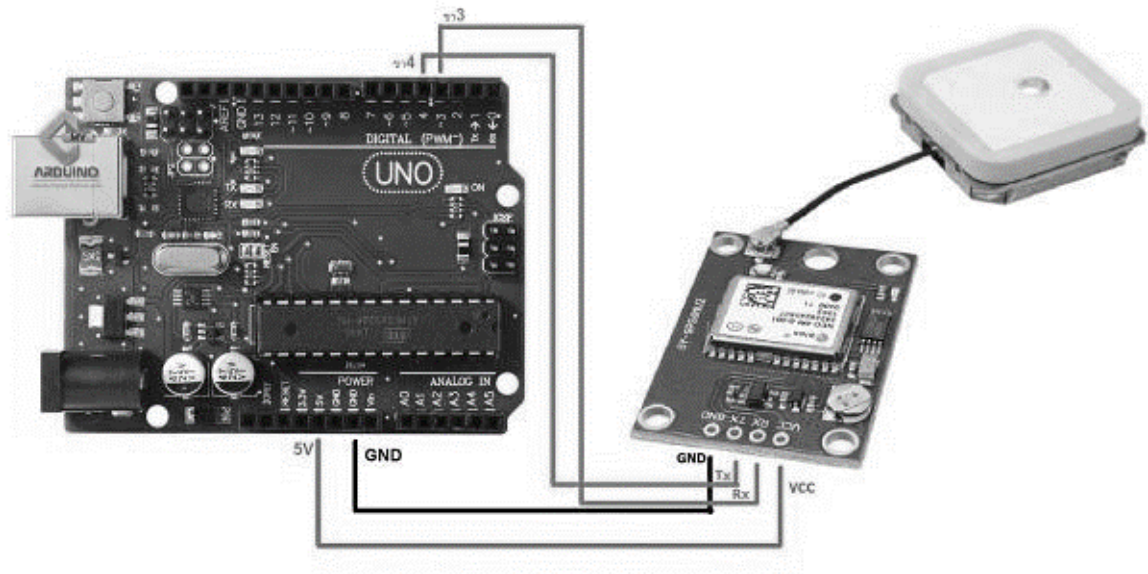


Рис.2.49. Схема подключения модуля GPS NEO-6М к контроллеру Ардуино

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ РЕСУРСОВ

1. Соммер, Улли. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino / Улли Соммер. – СПб.: БХВ, 2012. ISBN: 978-5-9775-0727-1.
2. Петин, В. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. Петин. – 2-е изд. – СПб.: БХВ, 2015. ISBN: 978-5-9775-3550-2.
3. Том, Иго. Arduino, датчики и сети для связи устройств / Т. Иго. – 2-е изд. – СПб.: БХВ, 2019. ISBN 978-5-9775-3566-3.
4. Момот, М. Мобильные роботы на базе Arduino / М. Момот. – СПб.: БХВ, 2019. ISBN: 978-5-9775-3861-9.
5. Петин, В. Создание умного дома на базе Arduino / В. Петин. – М.: ДМК Пресс, 2018. ISBN: 978-5-97060-620-9.
6. Петин, В. Практическая энциклопедия Arduino / В. Петин, А. Биняковский. – М.: ДМК Пресс, 2020. ISBN: 978-5-97060-798-5.
7. <https://www.arduino.cc> – официальный сайт проекта Arduino.
8. <http://arduino.ru> – официальный русскоязычный сайт проекта Arduino.
9. <https://all-arduino.ru> – всё про Ардуино.
10. <https://роботехника18.рф> – проекты роботов на базе Ардуино.
11. <https://mcustore.ru> – интернет-магазин комплектующих для платформы Ардуино. Описание и технические характеристики датчиков и плат расширения.