
ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Глава 1. Необходимое оборудование	9
1.1. Инвентаризация.....	9
1.2. Сделай лучше.....	12
1.3. Техника безопасности.....	13
1.4. Что должно получиться по окончании курса.....	14
Глава 2. Платформа Arduino	16
2.1. Платы Arduino	16
2.2. Arduino Leonardo	17
2.3. Размеры	18
2.4. Платы расширений	19
Глава 3. Моделируем шасси	22
3.1. Модель колёс	22
3.2. Модель рамы	27
3.3. Крепежи для остальных элементов	34
3.4. Печать деталей	39
3.5. Пластик PLA	40
Глава 4. Сборка робота	41
Глава 5. Краткое описание языка Arduino	46
5.1. Среда Arduino IDE	46
5.2. Обязательная структура программы.....	47
5.3. Типы переменных	48

5.4. Арифметические операции	49
5.5. Операторы сравнения	50
5.6. Логические операторы	50
5.7. Управляющие операторы	51
5.8. Массивы	52
5.9. Директива #define	52
5.10. Функции	52
5.11. Несколько правил	53
5.12. ЦАП, АЦП, ШИМ	53
5.13. Функции для работы с цифровыми сигналами	56
5.14. Функции для работы с аналоговыми сигналами	57
5.15. Функции для работы со временем	57
5.16. Монитор последовательного порта	58
5.17. Некоторые математические функции	58
5.18. Тернарный оператор	59
Глава 6. Програмируем работа	61
6.1. Подключение платы	61
6.2. Поехали!	63
6.3. Управляем касанием	65
6.4. Включаем/выключаем светодиод	70
6.5. Экономь память	72
Глава 7. Как ехать прямо	74
7.1. Придумаем энкодер	74
7.2. Управление по ошибке	80
Глава 8. Несколько исходных файлов	86
8.1. Работаем с несколькими файлами	86
8.2. Создание своей библиотеки	90
Глава 9. Кегельринг	96
9.1. Самое первое соревнование	96
9.2. Сделаем бампер	96

9.3.	Укажем сантиметры	99
9.4.	Движение по спирали	102
Глава 10.	Обнаружение объекта	106
10.1.	Ультразвуковой дальномер	106
10.2.	Определение расстояния	108
10.3.	Скорость звука зависит от температуры	109
10.4.	И снова кегельринг	110
Глава 11.	Движение по линии	114
11.1.	Революция в автоматизации логистики	114
11.2.	Движение вдоль линии	115
11.3.	Оптопара TCRT5000	116
11.4.	Трасса и установка датчиков линии	117
11.5.	Регуляторы	121
11.6.	ПИД-регулятор	122
11.7.	П-, ПИ-, ПД-регуляторы	126
11.8.	Как подбирать коэффициенты	126
11.9.	Пишем программу и тестируем	127
11.10.	Альфа-бета фильтр	131
11.11.	Снижение скорости на поворотах	134
Глава 12.	Основы ООП	135
12.1.	Классы, свойства, методы	135
12.2.	Четыре основных принципа	137
12.3.	Создаём библиотеку правильно	138
Глава 13.	Движение по траектории	142
13.1.	Описание задания	142
13.2.	Шаблон программы	143
Глава 14.	Остановка у препятствия	152
14.1.	ИК-дальномер	152
14.2.	Аппроксимация и фильтр	154

Глава 15. Движение вдоль стены	160
15.1. Есть проблемы	160
15.2. Десятичный логарифм	161
15.3. Вертикальное крепление дальногомера	162
15.4. Примеры программ	164
Глава 16. Зачётный проект	170
Заключение	171
Информация для организаторов	172
1. Комплектующие	172
2. Вариант хранения	173
3. 3D-принтер	174
4. Поля (трассы)	174

ПРЕДИСЛОВИЕ

Если вас спросят о новых направлениях в сфере информационных технологий последнего десятилетия, то, скорее всего, вы ответите, что это ноутбуки, смартфоны, планшеты и Интернет. Касаясь сенсорного экрана своего смартфона, мало кто задумывается, что касание обрабатывает специальный микроконтроллер этого экрана. Садясь в современный автомобиль, вы не говорите: «Вот это да! В нём 60 микроконтроллеров!» А между тем они контролируют датчики подушек безопасности, мониторинг и управление двигателем, управление впрыском топлива, скорость, иммобилайзер (противоугонное устройство), управление дворниками, управление фарами и светом, предупреждение столкновений, антиблокировочную систему, аудиосистему, электронный компас, дисплей и панель приборов, управление зеркалами, вентиляцию и кондиционирование, управление трансмиссией, замки дверей, мониторинг и автоподкачку колёс, активную подвеску, GPS-приёмник и т. д.

Незаметно произошла автоматизация практически всей технической среды с помощью дешёвых и мощных микроконтроллеров.

В 1971 г. сотрудники американской компании Texas Instruments Майкл Кочрен и Гарри Бун получили первый патент на однокристалльную микроЭВМ. Идея разместить на одном кристалле не только процессор, но и память с устройствами ввода-вывода, стала основой всех дальнейших революционных изменений потребительской электроники и техники. Такое устройство и называется *микроконтроллером*.

Контроллеры требуются практически во всех устройствах, которые нас окружают. Их используют в роботах и промышленных станках, автомобилях и самолётах, средствах связи, бытовой технике, медицинских приборах, электронных музыкальных инструментах, светофорах, автоматических воротах, шлагбаумах, интерактивных детских игрушках, смартфонах, планшетах, компьютерах и во всём оборудовании для обеспечения функционирования сети Интернет.

Как же всё так быстро изменилось? Просто незаметно для обычных пользователей произошёл качественный скачок в разработке микроэлектронных систем. Если два десятка лет назад, чтобы разрабатывать такие системы, требовалось получить высшее профессиональное образование и опыт работы, то в нынешних реалиях все возможности стали доступны школьнику. Конечно, вам будут говорить, что лёгкость раз-

работки под контроллеры — это только иллюзия. Да, микроконтроллер гораздо чувствительнее к ошибкам программиста, чем обычные компьютеры. Очень ограниченный объём памяти, требования к быстрдействию и почти полное отсутствие защит от неправильного поведения пользователя требуют высокой квалификации разработчика. Но свой первый проект на микроконтроллере любой школьник может сделать за один день. И этот проект даже может обладать коммерческими перспективами. А в грядущую эпоху Интернета вещей микроконтроллерные технологии — ключевой аспект развития межмашинных коммуникаций.

В этом курсе вам предстоит смоделировать работа на базе микроконтроллера Arduino и запрограммировать его на выполнение нескольких несложных действий.



Итак, *микроконтроллер* (англ. *Micro Controller Unit*, MCU) — микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. В его составе есть все элементы для построения системы управления: память данных (оперативная память, ОЗУ), память программ (постоянная память, ПЗУ), генератор тактовых импульсов, таймеры, счётчики, параллельные и последовательные порты. Фактически микроконтроллер — одноплатный мини-компьютер на основе одной микросхемы, подходящий для встраивания в объект управления.

Программы для микроконтроллеров пишут в специальных интегрированных средах разработки (англ. *Integrated Development Environment*, IDE) на языках ассемблера (машинных команд) или C++.

Вы будете использовать Arduino IDE и язык C++.

Глава 1

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

1.1. Инвентаризация

Для успешного прохождения курса по созданию робота на платформе Arduino необходимы комплектующие, представленные далее. Для более подробного изучения воспользуйтесь поиском в Интернете.

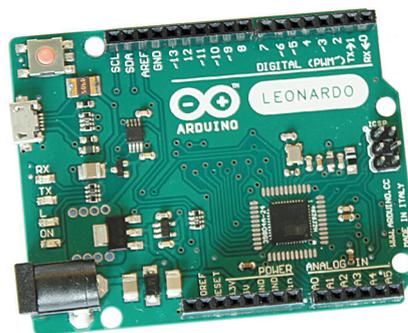
www

Задание 1

Изучите необходимое оборудование и программное обеспечение.

Плата Arduino Leonardo

Цифровые входы/выходы: 20.
Порты с поддержкой ШИМ: 7.
Порты, подключённые к АЦП: 12.
Флеш-память: 32 Кб.
ОЗУ: 2 Кб.
Тактовая частота: 16 МГц.



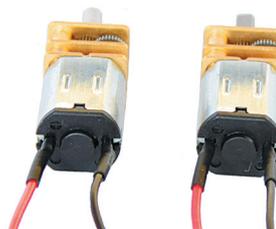
Плата управления моторами

Необходима для более простого управления моторами. Выходы под двигатели выполнены в виде разъёма (клеммника) с винтом. Для управления моторами на Arduino используются четыре контакта: 4, 5, 6 и 7.



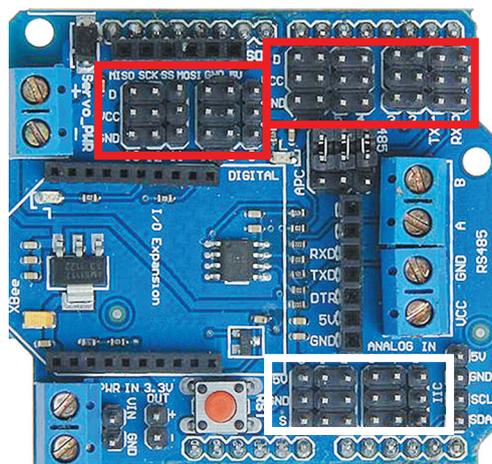
Два мотора N20

Особенность моторов — широкий диапазон поддерживаемого питания: 1,5–12 В. Контакт «+» соответственно обозначен. При 9 В максимальная скорость составляет 150 оборотов в минуту.



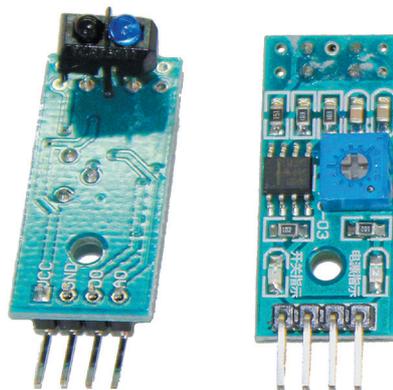
Плата расширения ввода/вывода

Позволяет просто и быстро подключать различные устройства к Arduino, например датчики, сервомоторы, модули для SD-карт памяти, Bluetooth-модули и т. д. Цветом выделены те элементы, которые будут задействованы: белым — аналоговые входы для датчиков, красным — цифровые входы/выходы.



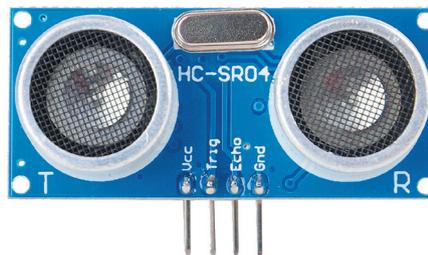
Датчики цвета поверхности (6 шт.)

Работают в двух режимах одновременно: определяют цвет поверхности в градации от 0 до 1023 единиц и наличие или отсутствие белого объекта.



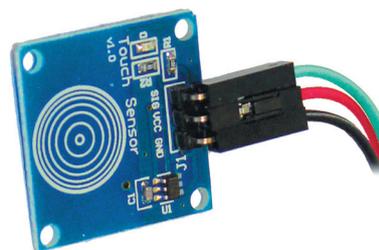
Ультразвуковой дальномер

Генерирует импульсы на частоте 40 кГц и слушает эхо. По времени распространения звуковой волны туда и обратно можно определить расстояние до объекта.



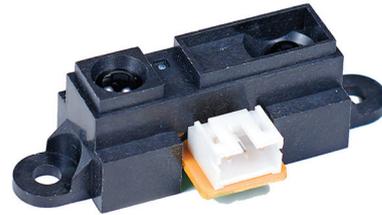
Датчик касания

Это цифровой датчик — когда нет касания сенсора, он передаёт логический ноль, когда есть касание — логическую единицу.

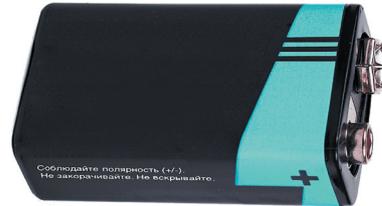


Инфракрасный дальномер

Модель Sharp GP2Y0A021. Сенсор определяет расстояние по отражённому лучу света в инфракрасном спектре.

**Источник питания**

Или NiMH-аккумулятор, или батарейка типа «Крона». Если есть зарядное устройство, то лучше использовать аккумулятор.

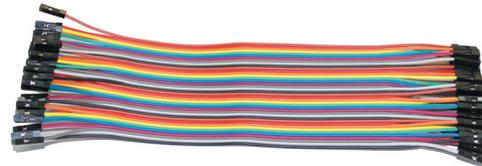
**Винты, шайбы, гайки М3 x 16**

Необходимое количество — по 30 шт.

Также могут подойти винты длиной 12 мм.

**Провода (40 шт.)**

Подходят для соединения, если контакты выполнены в виде штырьков.

**Канцелярские резинки (6 шт.)**

Диаметр — 50 мм; толщина — 1 мм или 2 мм. Это будут необычные шины для колёс нашего робота.

**Стальные шарик (2 шт.)**

Диаметр — 1 см. На их основе будут сделаны две шаровые опоры для третьего и четвёртого колёс робота.



Кабель micro-USB (1 шт.)

Стандартный USB-кабель с разъёмом типа micro-USB. У вашего смартфона, скорее всего, такой же.

**Кабель и переключатель питания**

Кабель для подачи питания и маленькая кнопка (10 × 15 мм), фиксирующая положения: включено и выключено. Переключатель также называют просто выключателем.



1.2. Сделай лучше



Задание 2

Если соединительные провода (рис. 1) предоставлены в едином шлейфе, то разделите их или поштучно, или по три провода.

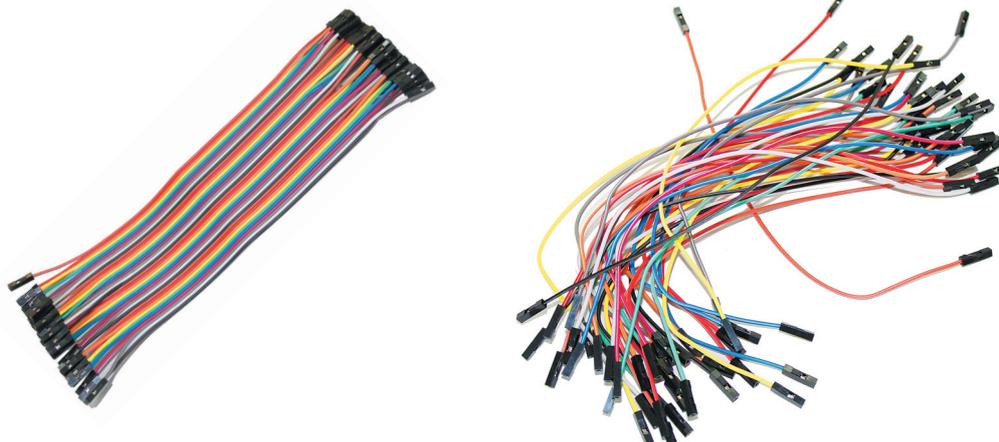


Рис. 1. Соединительные провода



Задание 3

Необходимо, разрезав красный провод на кабеле для источника питания, припаять переключатель (рис. 2). Если вы хотите выполнить пайку самостоятельно, то это несложно. Посмотрите 13-минутное видео, как припаять, например, провода к моторам (<https://youtu.be/fV-uPN4tA8w>).



Рис. 2. Кабель для источника питания типа «Крона» с выключателем

1.3. Техника безопасности

Первая смерть человека от робота была зафиксирована 25 января 1979 г. на заводе «Форд» в США. Из-за несоблюдения техники безопасности 25-летнего рабочего сборочного цеха робот-манипулятор ударил по голове.

Вопросы техники безопасности были рассмотрены в начале учебного года на первом уроке технологии и на первом уроке информатики. Помните, за свою безопасность отвечаете вы сами.

С одной стороны, все задания учебного пособия не несут в себе реальной опасности для вас, и батарейка с напряжением 9 В не представляет какой-либо угрозы. С другой — присутствует опасность для электронных компонентов. Из таких опасностей можно выделить:

- статическое электричество;
- короткое замыкание;
- отношение «да нормально всё».



Статическое электричество представляет большую угрозу для микросхем. Электростатический разряд, источником которого можете стать именно вы, способен приводить к образованию токов, которые или сразу выведут из строя чувствительную электронику, или нанесут повреждения, вызывающие неправильную работу микросхемы. Последний случай самый неприятный, так как вы будете долго искать причину того, почему у вас что-то не работает, а возможно, что уже и не должно ничего работать.

Короткие замыкания очень опасны! Если вы, например, заколотили автомобильный аккумулятор, то сила тока будет настолько большой, что батарея может даже взорваться, выплеснув на вас кислоту. Если вы случайно проводом соединили контакты «+» и «-» батарейки 9 В, то не стоит ждать, когда произойдёт значительное тепловыделение, и расплавятся провода. Будьте внимательны!

Самый страшный по принесённым ущербам — подход к работе «да нормально всё». Помните об ответственности!



Задание 4

Проанализируйте информацию, найденную по запросу *”В Протоне перепутали датчики”* (кавычки в запросе сохраните).

1.4. Что должно получиться по окончании курса

После прохождения курса у вас получится робот, изображённый на рисунке 3. Вы научите его ездить прямо, определять расстояние до объекта, двигаться быстро и плавно по заданной траектории и многому другому.

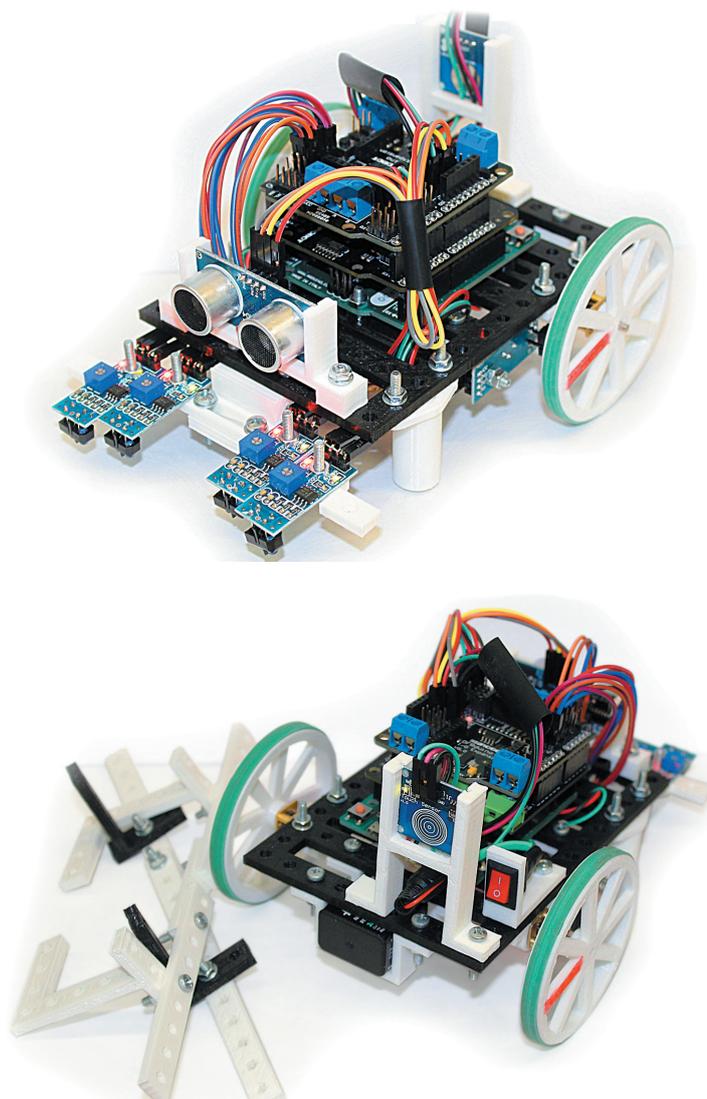


Рис. 3. Модель робота, которую необходимо собрать

Ваше оборудование может немного отличаться от указанного характеристиками, цветом. Но размер платы Arduino (или UNO, или Leonardo) останется неизменным (рис. 4).

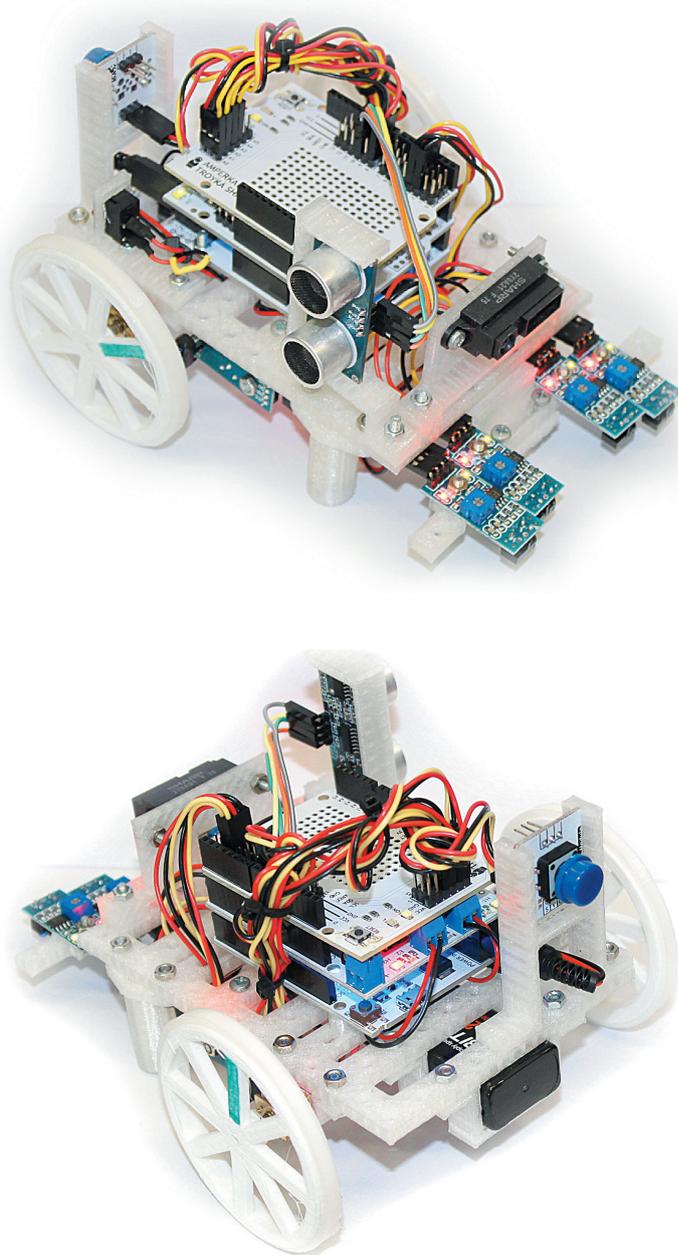


Рис. 4. Модель робота на основе других комплектующих