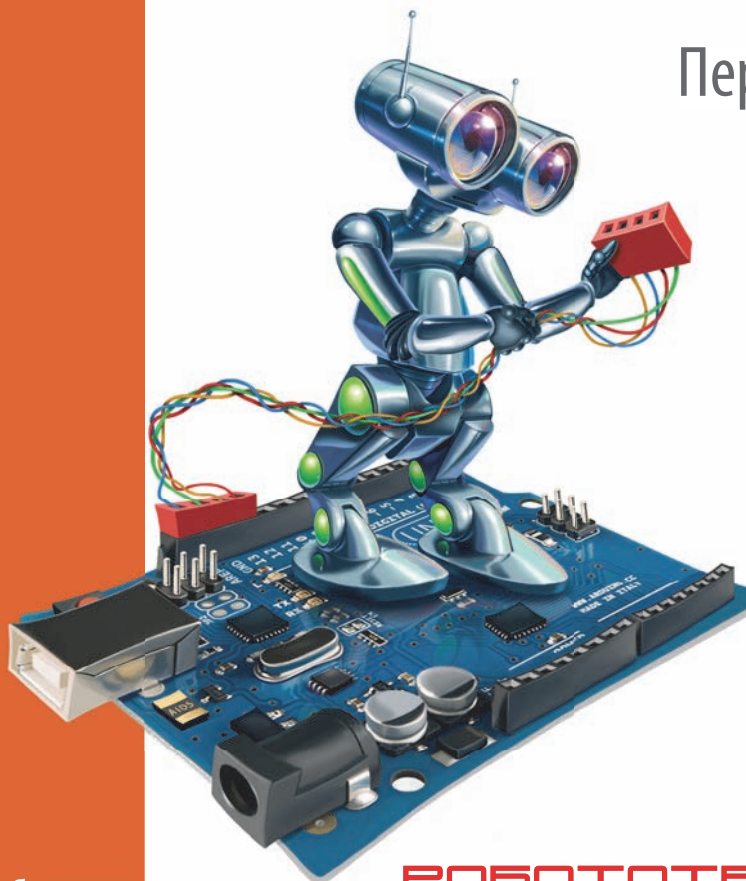


Дж. Бейктал

КОНСТРУИРУЕМ РОБОТОВ

на **Arduino**®

Первые шаги



УДК 621.86/.87
ББК 32.816
Б41

Серия основана в 2016 г.

Ведущие редакторы серии *Т. Г. Хохлова, Ю. А. Серова*

Бейктал Дж.

Б41 Конструируем роботов на Arduino®. Первые шаги / Дж. Бейктал ; пер. с англ. О. А. Трефиловой. — 3-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2020. — 323 с. — (РОБОФИШКИ). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-900-8

Это практическое руководство для тех, кто делает первые шаги в робототехнике на платформе Arduino. С этой книгой вы разберетесь в основах электроники, научитесь программировать в среде Arduino IDE, работать с печатными платами Arduino, инструментами, соблюдать правила безопасности и многому другому. Вы также сможете выполнить разнообразные проекты и оценить невероятный потенциал Arduino, который вдохновит вас на творчество и изобретения, ограниченные только вашим воображением.

Для молодых изобретателей и программистов, а также всех тех, кто увлекается робототехникой.

**УДК 621.86/.87
ББК 32.816**

Деривативное издание на основе печатного аналога: Конструируем роботов на Arduino®. Первые шаги / Дж. Бейктал ; пер. с англ. О. А. Трефиловой. — 2-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2019. — 320 с. : ил. — (РОБОФИШКИ). — ISBN 978-5-00101-095-1.

16+

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-00101-900-8

Authorized translation from the English language edition, entitled ARDUINO FOR BEGINNERS: ESSENTIAL SKILLS EVERY MAKER NEEDS; by JOHN BAICHTAL; published by Pearson Education, Inc, publishing as QUE Publishing. Copyright © 2014 by Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Авторизованный перевод англоязычного издания, под заглавием ARDUINO FOR BEGINNERS: ESSENTIAL SKILLS EVERY MAKER NEEDS; автор JOHN BAICHTAL; опубликованного Pearson Education, Inc, осуществляющим издательскую деятельность под торговой маркой QUE Publishing.

Copyright © 2014 by Pearson Education, Inc.

Все права защищены. Воспроизведение или распространение какой-либо части/частей данной книги в какой-либо форме, какими-либо способами, электронными или механическими, включая фотокопирование, запись и любые поисковые системы хранения информации, без разрешения Pearson Education, Inc запрещены.

© Перевод на русский язык, оформление, Лаборатория знаний, 2016

Оглавление

Об авторе	8
Посвящение	8
Благодарности.....	8
Здравствуйте!	9
Введение	10
О чем эта книга	11
Для кого эта книга	12
Как пользоваться книгой	12
Глава 1. Знакомство с Arduino	15
Arduino UNO: микроконтроллер для начинающих	15
Другие продукты Arduino.....	18
Электроника	19
Правила техники безопасности	29
В следующей главе	30
Глава 2. Макетирование	31
Сборка электрических схем с использованием макетных плат с гнездами, не требующих пайки	31
❁ Проект: мигающий светодиод на макетной плате	34
❁ Проект: лазерная сигнализация	37
❁ Проект: инфракрасный детектор.....	49
В следующей главе	52
Глава 3. Работа с паяльником	53
Паяльные принадлежности	55
Паяние	62
Распайка	65
Уборка.....	67
❁ Проект: кофейный столик со светодиодной лентой	68
В следующей главе	84

Глава 4. Настройка беспроводного соединения	85
Радиомодули XBee	86
Переходные платы для радиомодуля XBee	88
Компоненты радиомодуля XBee	88
Альтернативные беспроводные модули	90
⚙ Проект: беспроводное включение светодиода	91
⚙ Проект: беспроводной дверной звонок	95
В следующей главе	108
Глава 5. Программирование Arduino	109
Среда разработки Arduino	110
Скетч «Blink»	118
Учимся на примере кода	121
Функции и синтаксис	126
Отладка с помощью монитора последовательного интерфейса	131
Все о библиотеках	133
Ресурсы для изучения программирования	135
В следующей главе	136
Глава 6. Восприятие мира	137
Урок: датчики (сенсоры)	138
Знакомство с датчиками	140
⚙ Проект: «Лампа настроения»	146
⚙ Проект: керфбэндинг	154
В следующей главе	154
Глава 7. Управление жидкостью	155
Урок: управление потоком жидкости	156
⚙ Проект: емкость под давлением	159
⚙ Проект: робот для полива растений	162
В следующей главе	174
Глава 8. Ящик для инструментов	175
Набор инструментов для начинающего мастера	176
Работа с деревом	183
Работа с пластиком	192
Работа с металлом	198
Программное обеспечение	208
Электронная техника и инструменты	213
В следующей главе	222

Глава 9. Ультразвуковая эхолокация	223
Урок: ультразвуковая диагностика.....	224
❁ Проект: ультразвуковой ночник.....	226
❁ Проект: игрушка для кошки.....	228
Токарный станок 101.....	242
Техника безопасности при работе с токарным станком.....	244
В следующей главе.....	244
Глава 10. Генерация звука	245
Звуки электроники.....	246
❁ Проект: мелодичная кнопка.....	250
❁ Проект: звуковой генератор.....	253
В следующей главе.....	262
Глава 11. Отсчет времени	263
Сервер точного времени.....	264
Таймер Arduino.....	265
Модуль часов реального времени (RTC).....	266
❁ Проект: цифровые часы.....	266
❁ Проект: китайские колокольчики «Музыка ветра».....	270
Станки с числовым программным управлением (ЧПУ).....	280
В следующей главе.....	281
Глава 12. Безопасная работа с высоким напряжением	283
Урок: управление высоким напряжением.....	284
❁ Проект: контроллер для вентилятора.....	288
❁ Проект: лавовая лампа «Бадди».....	291
В следующей главе.....	298
Глава 13. Управление электродвигателями	299
Как управлять двигателями.....	300
Включаем двигатель с помощью T1P-120.....	303
❁ Проект: шаговый поворотник.....	305
❁ Проект: «Баблбот».....	308
Глоссарий	317

Знакомство с Arduino

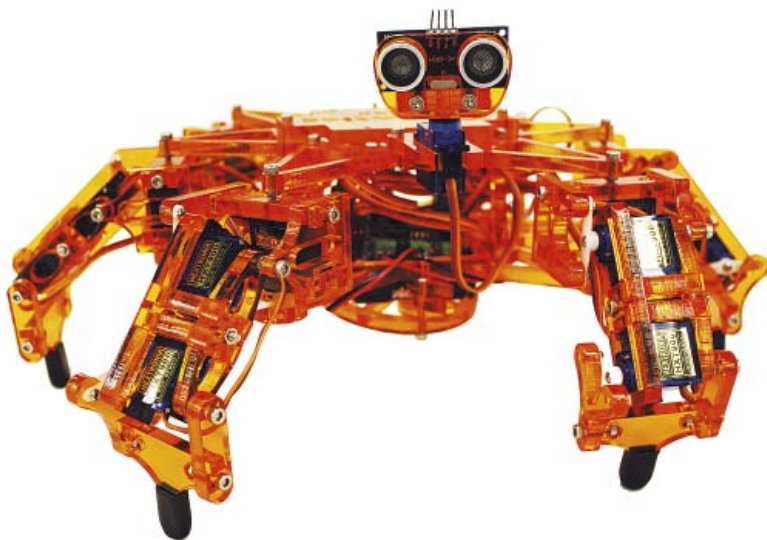
Что необходимо знать для успешного создания проектов, описанных в этой книге? Оказывается, многое. Хорошая новость заключается в том, что эта глава подготовит вас к открытиям. Здесь изложены основы электроники, советы по соблюдению правил техники безопасности, а также представлен обзор Arduino UNO. Давайте начнем!

Arduino UNO: микроконтроллер для начинающих

Представьте компьютер, размещенный на печатной плате размером меньше игровой карты. Согласитесь, было бы замечательно, если можно было бы добавить несколько датчиков для изучения окружающей среды, кнопки для подачи команд и электродвигатели, чтобы привести объект в движение. На самом деле это возможно. Устройство, которое я только что описал, — это Arduino, платформа на базе микроконтроллера.

На **рис. 1.1** изображен пример того, что можно сделать с ее помощью. Это шестиногий робот *Hexy* от компании *ArcBotics*, который базируется на платформе Arduino. Робот поставляется с 20 сервоприводами и движется посредством инверсной кинематики — концепции робототехники, которая упрощает движение посредством использования заданных команд, как, например, «двигаться вперед». Несомненно, такая продвинутая модель, как шестиногий робот *Hexy*, совершенно отличается от устройства с мигающей лампочкой!

Несмотря на достоинства Arduino, его нельзя назвать первым микроконтроллером для любителей. У Arduino были предшественники, но ни одному из них не удалось достичь такого успеха. Ни одна из плат компаний-конкурентов не была так же проста в использовании. В действительности, плата Arduino была разработана специально для художников, студентов и обычных умельцев, которые хотели просто освоить механизм, особенно не углубляясь в детали.



Источник: ArcBotics

Рис. 1.1. Шестиногий робот *Hexy* компании *ArcBotics* демонстрирует возможности Arduino

Платформа Arduino совершенствуется: для нее разрабатывается множество проектов, сайтов и аппаратных средств. Такое разнообразие ресурсов сделало платформу более реальной, что привело к увеличению количества участников и проектов.

СОВЕТ МЫ ИСПОЛЬЗУЕМ UNO

Проекты, описанные в этой книге, основаны исключительно на использовании платформы Arduino UNO. Несмотря на то что существуют другие варианты и версии платформ в линейке Arduino, UNO является платой по умолчанию, поэтому в этой книге внимание сосредоточено именно на ней. Некоторые версии платформы Arduino больше по размеру и обладают большими возможностями, некоторые меньше и могут разбираться. UNO не только считается золотой серединой, но и оценивается большинством как базовая модель. В **главе 8** «Ящик для инструментов» вы найдете описание других моделей.

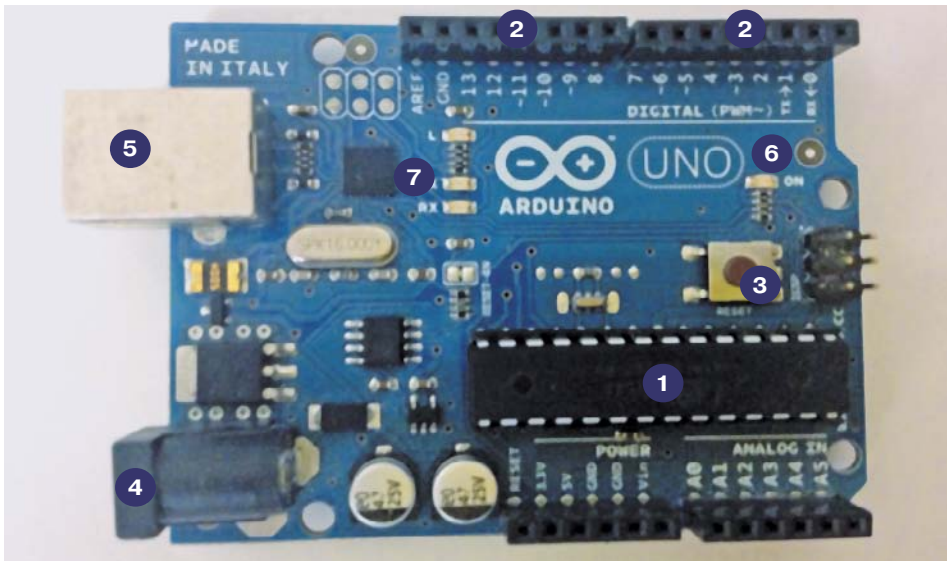


Рис. 1.2. Arduino, имея размер игровой карты, состоит из следующих блоков: 1 — микроконтроллер ATmega328; 2 — пины; 3 — кнопка сброса; 4 — разъем питания; 5 — USB-разъем; 6 — индикатор питания; 7 — индикаторы данных

Что именно вы получаете при покупке Arduino? Проведем небольшой обзор платы и ознакомимся с ее особенностями (см. **рис. 1.2**).

Arduino UNO состоит из печатной платы с микроконтроллером и других различных компонентов, прикрепленных к ней. На **рис. 1.2** изображены основные компоненты.

- **Микроконтроллер ATmega328** — «мозг» платы. ATmega328 имеет флеш-память объемом 23 кб, оперативное запоминающее устройство 2 кб и тактовую частоту 16 МГц. Такие характеристики не впечатляют, но для программ Arduino этого достаточно.
- **Пины.** К этим небольшим портам присоединяются провода. Например, можно подключить кнопку или электродвигатель. Функции пинов различаются; позже мы рассмотрим эти различия.
- **Кнопка сброса.** Если система не работает, нажмите на эту кнопку. Произойдет перезагрузка Arduino и автоматический перезапуск программы, загруженной на платформу.
- **Разъем питания.** Он соответствует сетевому адаптеру 9 В диаметром 2,1 мм с центрально-положительным пином. Вы также можете присоединить батарейку напряжением 9 В с соответствующим штекером. В **главе 8** мы рассмотрим различные способы подключения питания к вашим проектам Arduino.

- **USB-разъем.** Через этот разъем с помощью USB-кабеля, который часто используется для подключения принтера и других периферийных устройств, подается питание и осуществляется передача данных. Таким образом, вы можете создать проект без использования батареек.
- **Индикатор питания.** Этот индикатор загорается, когда плата получает питание.
- **Индикаторы данных.** Эти светодиоды мигают, когда данные загружаются на плату.

СОВЕТ

ЗАГРУЗКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ARDUINO

Из этой главы вы не узнаете, как запрограммировать Arduino, но вы можете научиться загружать программное обеспечение. Оно совместимо с операционными системами Windows, Macintosh и Linux и абсолютно бесплатно. Перейдите по ссылке <http://arduino.cc/en/Main/Software> и следуйте указаниям.

Более подробно о процессе загрузки рассказано в **главе 5** «Программирование Arduino».

Другие продукты Arduino

Как уже было упомянуто, существует целая экосистема версий платформы Arduino, а также дополнительные платы расширения (shields¹). Версии Arduino весьма разнообразны и включают как более мощные платформы для выполнения крупных проектов, так и небольшие для малых проектов, а также дополнительные платы расширения, которые позволяют, например, воспроизводить музыку и устанавливать интернет-соединение для определения координат посредством GPS.

Зачастую бывает, что проект, который вы обдумываете, уже кто-то реализовал и создал соответствующую плату расширения. Если вы хотите добавить в ваш проект определенные возможности, то сначала узнайте, нет ли соответствующей платы — не стоит загружать себя лишней работой. Еще лучше, когда платы можно скомпоновать стопкой и постепенно выстроить более сложные конструкции.

¹ Среди людей, работающих с платформой Arduino, также распространен вариант перевода «шилд», однако такое калькирование уместно скорее в разговорной речи, более правильный перевод — «плата расширения». — *Прим. перев.*

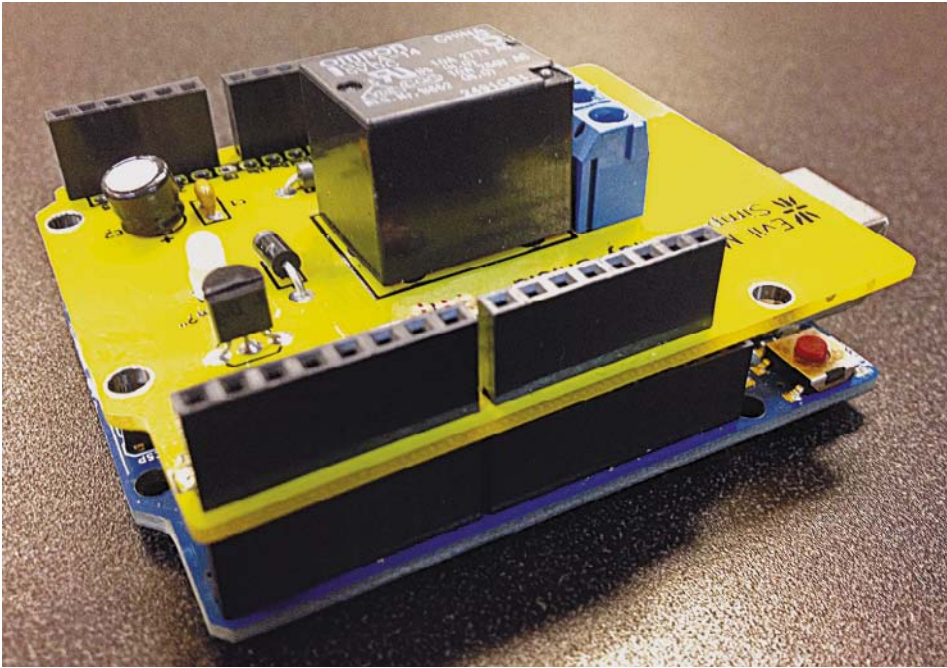


Рис. 1.3. Плата расширения с реле от *Evil Mad Science* вставляется в разъемы Arduino и позволяет управлять цепью высокого напряжения

Примером платы, размещенной поверх Arduino, служит плата расширения с реле (*relay shield*) (см. **рис. 1.3**). Плата, разработанная умельцами из *Evil Mad Science LLC*, использует реле, чтобы управлять цепью высокого напряжения. Например, ее можно использовать, чтобы безопасно включать лампу, подключенную к комнатной проводке.

Хотите узнать больше о платах расширения? В **главе 8** мы более подробно рассмотрим их и другие дополнительные платы.

Электроника

Arduino — это здорово, но чтобы создать что-то интересное, понадобятся дополнительные электронные компоненты. В проекте, представленном на **рис. 1.4**, для изготовления шоколадного молока используются электродвигатели LEGO и аквариумная помпа под управлением Arduino. В **главе 7** «Управление жидкостью» я покажу, как сделать простой насос. Далее представлен краткий обзор наиболее распространенных компонентов.

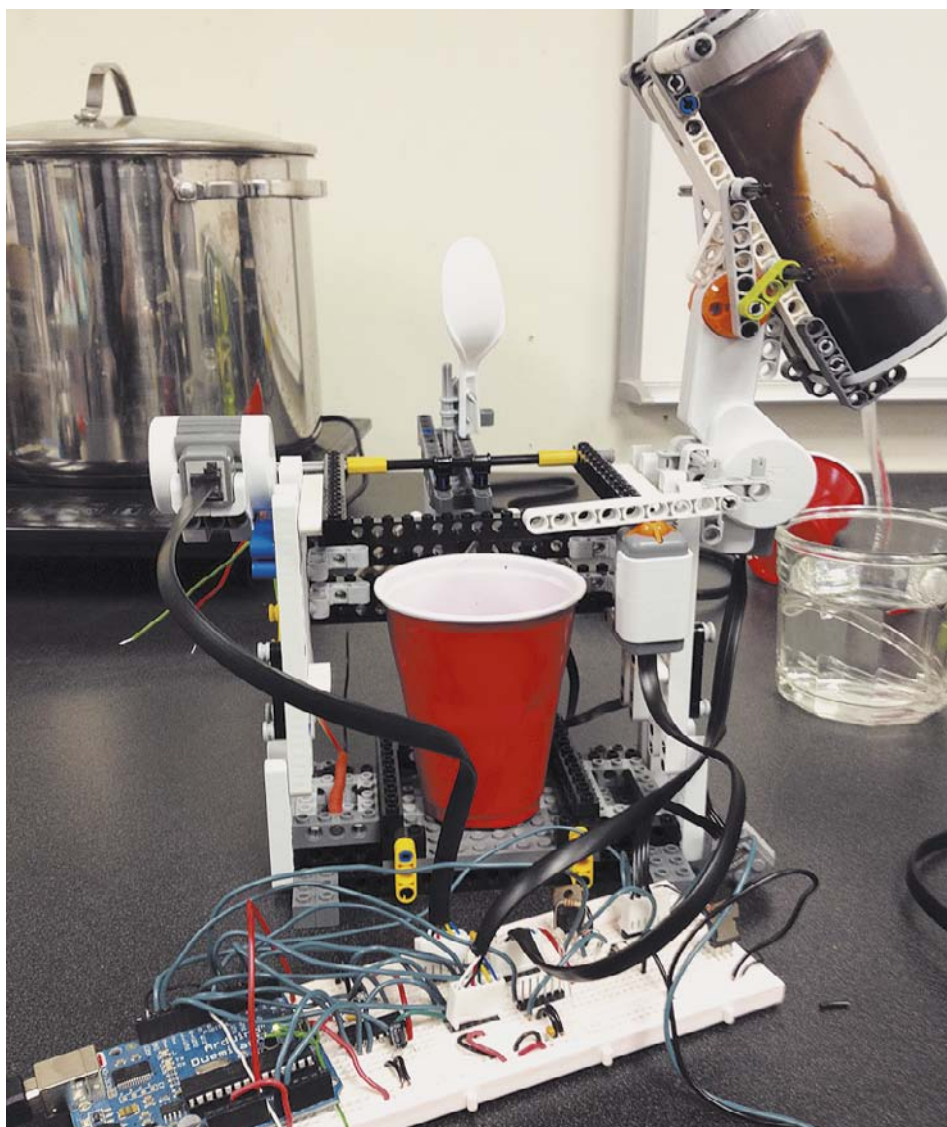


Рис 1.4. Для создания интересного проекта понадобится не только Arduino

ДЛЯ СПРАВКИ ЭТО ТОЛЬКО ОБЗОР

Существует большое разнообразие электронных компонентов. О некоторых я расскажу в книге позже, некоторые вам придется изучить самостоятельно. Цель, которую я преследую в следующих разделах, — познакомить вас с основными из них.

Светодиоды

Светодиоды (см. **рис. 1.5**) — это индикаторы в мире Arduino. Они бывают различных цветов и светят с разной степенью интенсивности. Некоторые обладают такими дополнительными особенностями, как мерцание или способность менять цвет в зависимости от входных данных программного обеспечения. Светодиоды, которые могут менять цвет, называются **RGB-светодиодами** (*red-green-blue*). Они понадобятся вам позже.



Рис. 1.5. Светодиоды — лампочки в мире электроники

Кнопки и переключатели

Человек задает команды Arduino посредством кнопок и переключателей (**рис. 1.6**). Благодаря их великому множеству, можно подобрать правильную конфигурацию проекта, над которым вы работаете. С помощью переключателей можно сделать всевозможные интересные вещи. Например, поочередно использовать две подпрограммы.



Рис. 1.6. С помощью кнопок и переключателей можно задавать Arduino команды

Потенциометры

С помощью этих элементов можно менять сопротивление в цепи, а значит и ток. Например, яркость светодиода можно сделать более интенсивной или менее интенсивной. С помощью потенциометров также можно управлять данными, если запрограммировать порядок выполнения действий в зависимости от положения регулятора. На **рис. 1.7** представлены различные технические варианты исполнения потенциометров.



Рис. 1.7. Потенциометры позволяют управлять параметрами электрической цепи путем вращения регулятора

Резисторы

Нельзя не согласиться с тем, что электричество — друг электронных компонентов. Однако слишком большое количество электрического тока может привести к их повреждению. Вот для чего нужны резисторы. Эти небольшие элементы ограничивают величину электрического тока. Единица измерения сопротивления — Ом. На **рис. 1.8** изображены резисторы, которые часто используются в конструкторских проектах. Их маркируют с помощью цветных полосок, таким образом можно определить величину сопротивления резистора. Подробнее о цветовой маркировке можно узнать в **главе 8**.

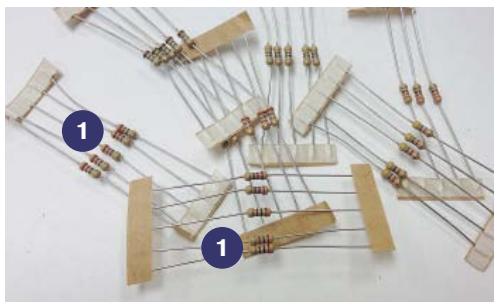


Рис. 1.8. Резисторы ограничивают величину электрического тока:

1 — цветные полосы обозначают величину сопротивления резистора в Омах

Конденсаторы

Конденсаторы — это накопители электрического заряда, поэтому их используют в качестве регулятора времени, потому что в паре с резисторами конденсатор разряжается с предсказуемой частотой. Из-за этой предсказуемости конденсаторы также используются для того, чтобы «улучшить» электронный сигнал. На **рис. 1.9** представлены различные варианты исполнения конденсаторов.

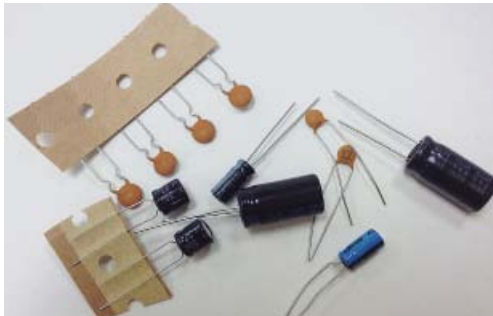


Рис. 1.9. Конденсаторы накапливают и отдают небольшое количество электрического заряда

Электродвигатели

На **рис. 1.10** представлены три основных вида электродвигателей, которые вам предстоит изучить.

- **Шаговые электродвигатели.** Вместо совершения хаотичного вращения шаговый электродвигатель вращается «шажками». Это позволяет управлять параметрами движения, поэтому данный тип двигателей применяется при автоматизированных фрезеровочных работах и при выполнении других задач, которые требуют постоянного контроля.

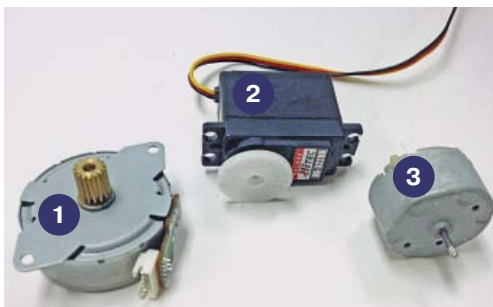


Рис. 1.10. Шаговые двигатели, сервоприводы и электродвигатели постоянного тока — основные виды электродвигателей в электронике:

1 — шаговые двигатели; 2 — сервоприводы; 3 — электродвигатели постоянного тока

- **Сервоприводы** — это электродвигатели со встроенными «энкодерами», которые отправляют информацию о местонахождении обратно на микроконтроллер. Сервоприводы зачастую используются в роботах, где управление электродвигателем играет второстепенную роль.
- **Электродвигатель постоянного тока** нельзя контролировать, так как нет обратной связи с микроконтроллером. Если ток есть, двигатель вращается. Если тока нет, то двигатель останавливается. Электродвигатели постоянного тока используются в проектах, где положение вала не имеет значения, например, в вертолете с дистанционным управлением.

Соленоиды

В отличие от электродвигателя, соленоид (см. **рис. 1.11**) с помощью электромагнита обеспечивает возвратно-поступательное движение сердечника. Соленоиды приводят в движение клапаны в двигателях: когда ток проходит через обмотку соленоида, клапан открывается. В отсутствие тока клапан закрыт.



Рис. 1.11. Соленоиды внешне похожи на электродвигатели, но обеспечивают возвратно-поступательное движение вала

Пьезодинамики

Основным звукоизлучателем в электронных комплектах служит пьезоэлемент, представленный на **рис. 1.12**. Вы подаете ток, и появляется звук. Довольно просто!



Рис. 1.12. Хотите создать звук с помощью Arduino? Подключите один из этих пьезоэлементов

Семисегментный индикатор

Хотите включить в свой проект дисплей, который будет отображать буквы и цифры? Классический выбор — семисегментный индикатор, состоящий из нескольких светодиодов (обычно семи), которые можно включать в разных комбинациях, составляя букву или цифру. Существует множество различных вариантов исполнения (**рис. 1.13**), однако принцип работы устройств одинаков.

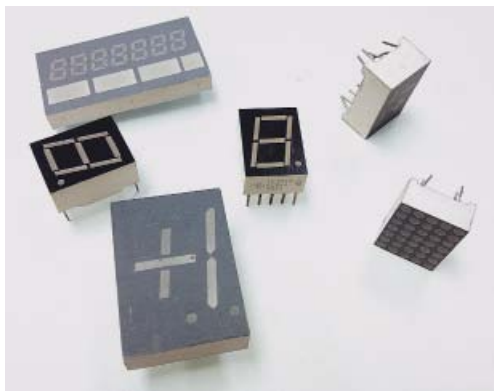


Рис. 1.13. Каждый индикатор состоит из нескольких сегментов-светодиодов, из которых можно составить буквы или цифры

Реле

Реле (см. **рис. 1.14**) похожи на электронные переключатели. Когда программа посылает на реле ток управления, другая схема активируется. Например, если вы хотите управлять лампой, подключенной к комнатной проводке без необходимости соприкоснуться напрямую с переменным током, можно использовать реле в паре с Arduino! На **рис. 1.3**, представленном ранее, изображена плата с расширением для Arduino, с помощью которой можно управлять реле.



Рис. 1.14. Реле — переключатели, управляемые с помощью Arduino, которые могут запускать схемы по команде

Интегральные схемы

Название «интегральная схема» (ИС) (см. **рис. 1.15**) говорит само за себя: это схема, заключенная в чип. Использование ИС упрощает ваши проекты — предполагается, что вы сможете найти правильную ИС. В качестве примера ИС можно привести микроконтроллеры, например, ATmega328, используемый в Arduino, таймеры, усилители.



Рис. 1.15. Интегральные схемы как совокупность электрических цепей умещаются в маленьком чипе

Датчики температуры

Датчик температуры (**рис. 1.16**) определяет температуру окружающей среды и передает показания Arduino. Этот датчик — прекрасное дополнение к проекту «Метеостанция», он также подходит для запуска вентилятора.



Рис. 1.16. Датчики температуры передают Arduino данные о состоянии окружающей среды

Датчик изгиба

Датчик изгиба (см. **рис. 1.17**) идеально подходит для мобильной электроники. В зависимости от изгиба меняется сопротивление датчика, так данные поступают на Arduino. Было бы здорово управлять рукой робота с помощью перчатки, оснащенной датчиком изгиба!



Рис. 1.17. Датчики изгиба реагируют на малейший изгиб. Роботизированную перчатку не желаете?

Датчик освещенности

Датчики освещенности (**рис. 1.18**) довольно часто используются в проектах по электронике. Действительно, в этой книге они будут задействованы несколько раз. По сути, датчик сообщает Arduino информацию о степени освещенности.



Рис. 1.18. Датчики передают Arduino информацию о степени освещенности

Ультразвуковой датчик

Ультразвуковые датчики (**рис. 1.19**) обнаруживают перемещения объектов в окружающем пространстве, посылая неслышные человеку радиопульсы в ожидании отраженного радиосигнала. Идея эхолокации заимствована у летучих мышей.



Рис. 1.19. Ультразвуковой датчик работает как радар

Правила техники безопасности

Эта книга предусматривает большой объем работы в мастерской, что подразумевает использование потенциально опасных инструментов. В этом разделе представлен обзор основных правил техники безопасности, которые действуют в большинстве ситуаций. В последующих главах будут рассмотрены более конкретные ситуации, а также соответствующие им правила техники безопасности. На **рис. 1.20** представлены два самых важных средства защиты — средства защиты органов зрения и слуха.

Вам необходимо соблюдать следующие правила.

- **Используйте средства защиты.** Защитные очки, средства защиты органов слуха, респираторы, защитная одежда часто необходимы, в зависимости от того, с каким инструментом вы работаете. Если вы имеете дело с раздражающими кожу веществами, то позаботьтесь о ее защите. Если у вас длинные волосы, то перед работой с электроинструментом соберите волосы в пучок, чтобы они не мешали. Всегда надевайте защитные очки, если существует риск того, что что-то может попасть в глаза, обычные очки не обеспечат надежную защиту.
- **Будьте бдительны.** Держитесь подальше от легковоспламеняемых веществ и предметов. Кроме того, перед работой нужно хорошо выспаться, у полуночников выше процент травматизма.



Рис. 1.20. Не стоит пренебрегать защитой органов зрения и слуха