

УДК 621.38  
ББК 32.85  
К17

Learn Electronics with Arduino  
Jody Culkin and Eric Hagan

© 2022 Limited company «Publishing house «Eksmo» Authorized Russian translation of the English edition of Learn Electronics with Arduino 9781680453744 © 2017 Jody Culkin and Eric Hagan. Published by Maker Media, Inc. This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

**Калкин, Джоди.**

К17 Изучаем электронику с Arduino : иллюстрированное руководство по созданию умных устройств для новичков / Джоди Калкин, Эрик Хаган ; [перевод с английского М. А. Райтман]. — Москва : Эксмо, 2022. — 400 с. : ил. — (Электроника для начинающих).

ISBN 978-5-04-100493-4

Конструктор электронных устройств Arduino давно завоевал сердца любителей электроники своей простотой и доступностью. С его помощью вы можете самостоятельно сконструировать любое устройство, от портативных роботов до радиоуправляемых игрушек, а вместе с этой книгой сделать это получится еще быстрее! Перед вами подробное руководство по работе с Arduino, благодаря которому вы сможете освоить азы электроники, научиться программировать на языке C++ и создавать собственные оригинальные девайсы. В этом вам помогут многочисленные иллюстрации, объясняющие схемы и пошаговые инструкции работы. Запасайтесь платами и микроконтроллерами Arduino и вперед — к новым проектам!

**УДК 621.38  
ББК 32.85**

**ISBN 978-5-04-100493-4**

**© Райтман М.А., перевод на русский язык, 2022  
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2022**

# СОДЕРЖАНИЕ

Посвящение .....	12
Благодарности .....	13
Об авторах .....	14
Предисловие .....	15
<b>1 Введение в Arduino</b> .....	17
Физические вычисления .....	19
Что такое «открытое аппаратное обеспечение»? .....	19
Моделирование .....	20
Что вам понадобится и где это взять? .....	20
Компоненты и инструменты .....	20
Список компонентов .....	21
Примечание о светодиодах .....	25
Инструменты .....	26
Слово о паяльнике .....	27
Ресурсы .....	29
Наборы .....	30
Заключение .....	31
<b>2 Плата Arduino</b> .....	33
Из чего состоит Arduino .....	33
Arduino в подробностях .....	33
Подключение Arduino к компьютеру .....	38
Подключение Arduino .....	39
Зарядка от блока питания .....	40
Компоненты и инструменты .....	43
Сортировка компонентов .....	43
Маркировка и информация в магазинах .....	44
В поисках информации: спецификация .....	45
Заключение .....	47
<b>3 Электрические цепи</b> .....	49
Цепь: электронный конструктор .....	49
Что такое электрическая цепь? .....	50
Зачем нужны цепи? .....	52
Из чего состоит цепь? .....	52
С чего мы начнем? .....	54
Принципиальная электрическая схема .....	55
Почему так важно уметь читать принципиальные схемы? .....	56
Принципиальная схема как чертеж электрической цепи .....	57
Создание принципиальной схемы .....	59



Использование макетной платы .....	61
Основы работы с макетной платой .....	62
Соединение .....	64
Сборка цепи .....	66
Пошаговая инструкция по сборке цепи .....	67
Элемент питания .....	71
Да будет свет! .....	73
Питание для цепи: электричество .....	74
Слово о символах питания .....	74
Отладка цепи .....	76
Подключено ли питание к цепи? .....	77
Правильно ли установлен светодиод? .....	77
Правильный ли резистор я использовал? .....	78
Отладка замкнутых контуров: прозвон .....	79
Мультиметр .....	80
Обзор мультиметра .....	82
Основные узлы мультиметра: переключатель .....	83
Основные узлы мультиметра: щупы .....	84
Основные узлы мультиметра: гнезда .....	84
Использование мультиметра .....	85
Настройка мультиметра для прозвонки .....	85
Установка тестера для прозвонки .....	86
Проверка целостности .....	87
Возвращение к отладке цепи .....	89
Проверка целостности цепи .....	89
Заключение .....	91
<b>4 Программирование Arduino .....</b>	<b>93</b>
Arduino, цепи и код: собираем все вместе .....	93
Что такое IDE? .....	95
Что такое Arduino IDE? .....	96
Что такое код? .....	96
Arduino IDE: беглый обзор .....	97
Загрузка Arduino IDE: приступаем к работе .....	98
В операционной системе macOS .....	98
В операционной системе Windows .....	100
Подключение Arduino к компьютеру .....	103
Arduino IDE: интерфейс .....	104
Настройка IDE .....	105
Окно редактора кода .....	109
Скетч: основной элемент программирования Arduino .....	111
Открытие примера скетча .....	113
Сохранение скетча .....	113
Своевременное и частое сохранение! .....	114
Загрузка скетча в Arduino .....	114



Отладка: что делать, если светодиод не мигает .....	118
Скетч LEA4_Blink: обзор .....	120
Комментарии: пусть другие знают, о чем вы думаете .....	121
Функции <b>SETUP()</b> и <b>LOOP()</b> : содержимое вашего кода .....	123
Функции <b>setup()</b> и <b>loop()</b> связаны .....	124
Функция <b>setup()</b> : установка начальных состояний .....	126
Функция <b>setup()</b> : выполняется только один раз .....	130
Цикл <b>LOOP()</b> : что происходит снова и снова .....	132
Цикл <b>loop()</b> : функции <b>digitalWrite()</b> и <b>delay()</b> .....	133
Цикл <b>loop()</b> : функция целиком .....	136
Принципиальная схема Arduino .....	139
Принципиальная схема вашего устройства .....	140
Сборка простой цепи .....	141
Подключаем Arduino к макетной плате: первые шаги .....	143
Сборка цепи шаг за шагом: подключаем питание и резистор .....	144
Сборка цепи шаг за шагом: подключаем светодиод .....	145
Сборка цепи шаг за шагом: подключение к компьютеру .....	146
Светодиодная сигнализация: создаем более сложные временные интервалы .....	148
Сохранение скетча под новым именем .....	150
Три короткие вспышки .....	152
Добавление трех длинных вспышек .....	154
Весь код функции <b>loop()</b> для сигнализации .....	156
Светодиодная сигнализация работает! .....	158
Заключение .....	159
<b>5 Электричество и измерения</b> .....	161
Что нужно знать об электричестве .....	161
Измерение характеристик электрического тока при помощи мультиметра .....	162
Сборка цепи шаг за шагом .....	164
Поехали! .....	164
Отладка цепи .....	166
Электрический ток: обзор .....	168
Как ведет себя электрический ток? .....	169
Переменный и постоянный ток .....	170
Понимание электрического тока: гидравлическая аналогия .....	172
Напряжение: электрический потенциал .....	174
Какое напряжение используется в Arduino? .....	178
Проверка напряжения .....	178
Проверка напряжения на компонентах .....	182
Падение напряжения .....	183
Сила тока на примере потока жидкости .....	185
Сила тока в цепи .....	187
Какое ограничение силы тока у Arduino? .....	189



Измерение силы тока .....	189
Настройка мультиметра .....	190
Сопротивление: препятствие для потока .....	194
Подробнее о резисторах .....	196
Измерение сопротивления мультиметром .....	197
Напряжение, сила, сопротивление тока: обзор .....	200
Как электричество влияет на компоненты? .....	201
Как изменение электрических параметров влияет на компоненты? .....	203
Как взаимодействуют напряжение, сила тока и сопротивление? Закон Ома .....	204
Закон Ома на примере .....	205
Применение закона Ома .....	206
Расположение компонентов в цепи .....	207
Параллельное и последовательное соединение компонентов .....	208
Соединение компонентов в цепи: параллельное .....	208
Соединение компонентов в цепи: последовательное .....	208
Цепь с двумя светодиодами, включенными параллельно .....	209
Измерение напряжения на параллельно соединенных светодиодах .....	211
Параллельное подключение мультиметра .....	212
Параллельное соединение компонентов: как оно влияет на напряжение? .....	213
Цепь из двух последовательных светодиодов .....	214
Измерение напряжения на последовательно соединенных компонентах .....	216
Последовательное соединение компонентов: как оно влияет на напряжение? .....	217
Последовательное подключение мультиметра .....	219
Заключение .....	221
<b>6 Кнопки, светодиоды и другое...</b> .....	223
Интерактивность! .....	223
Обзор цифровых вводов/выводов .....	225
Переключатели .....	226
Цифровой ввод: добавляем кнопку .....	227
Понимание более сложных принципиальных схем .....	228
Сборка цепи с кнопкой .....	229
Добавление кнопки .....	230
Подключение кнопки к питанию, резистору и земле .....	232
Подключение кнопки к контакту Arduino и загрузка скетча .....	233
Открыть, сохранить, проверить и загрузить .....	234
Включите и выключите светодиод .....	235
Взгляд на скетч: переменные .....	236
Инициализация кода и переменных .....	237
Что такое переменная? .....	238



Объявление переменных .....	238
Функция <code>setup()</code> в скетче <code>LEA6_Button</code> .....	243
Памятка по цифровым вводам .....	243
Зачем нужно целых три названия для одного и того же? .....	245
Взгляд на скетч: условные инструкции .....	246
Анализируем <code>loop()</code> .....	246
Что такое условная конструкция? .....	247
Условные конструкции в функции <code>loop()</code> .....	248
Условные конструкции: <code>else</code> .....	250
Добавление динамика и изменение кода .....	252
Добавление кода для динамика .....	253
Изменение кода функции <code>setup()</code> .....	254
Изменение кода функции <code>loop()</code> .....	255
Подробнее о функциях <code>tone()</code> и <code>noTone()</code> .....	256
Аргументы .....	257
Добавление кнопки и изменение кода .....	258
Изменение файла <code>LEA6_2_tonebuttons</code> .....	260
Изменение кода функции <code>loop(): else if</code> .....	261
Подключение третьей кнопки .....	263
Изменение кода скетча <code>LEA6_3_tonebuttons</code> .....	265
Игра на мини-синтезаторе .....	266
Обзор электрических понятий и принципов программирования .....	267
Переменные .....	267
Условные конструкции .....	267
Как работает кнопка? .....	268
Как динамик воспроизводит различные звуки? .....	268
Заключение .....	269
<b>7 Аналоговые величины</b> .....	271
Есть нечто большее, чем 1 и 0 .....	271
Цепь с потенциометром .....	273
Контакты аналоговых вводов Arduino .....	274
Знакомство с потенциометром .....	275
Цепь с потенциометром: шаг за шагом .....	277
Подключение потенциометра .....	278
Приглушение света .....	281
Какую роль играет скетч в вашей цепи? .....	282
Скетч <code>LEA7_AnalogInOutSerial</code> .....	285
Раздел инициализации .....	285
Функция <code>setup()</code> .....	288
Функция <code>loop()</code> .....	289
Аналоговый ввод: значения с потенциометра .....	290
Аналоговый ввод: функция <code>analogRead()</code> .....	292
Конвертация значений: функция <code>map()</code> .....	294
Передача значения на контакт: функция <code>analogWrite()</code> .....	295
В чем различие между функциями, работающими с аналоговыми и цифровыми значениями? .....	297



Аналоговый сигнал на выводе: ШИМ .....	298
Где находятся контакты ШИМ? .....	299
Последовательный интерфейс передачи данных .....	301
Зачем нужно следить за вводимой/выводимой информацией Arduino на компьютере? .....	301
Что означает слово «последовательный»? .....	302
Работа с монитором порта .....	303
Объект <code>serial</code> .....	304
Вывод в монитор порта .....	306
Последняя строка цикла <code>loop()</code> : функция <code>delay()</code> .....	308
Итоги по скетчу <code>LEA7_AnalogInOutSerial</code> .....	309
Подключение динамика .....	311
Обновление кода .....	311
<code>LEA7_VariableResistorTone</code> .....	313
Подключение фоторезистора .....	314
Игра на терменвоксе .....	318
Почему код не изменился? .....	318
Считывание последовательного вывода .....	319
Заключение .....	320
<b>8 Сервоприводы</b> .....	323
Развешивающиеся флаги .....	325
Кратко об аналоговых данных .....	325
Подробнее о сервоприводах .....	326
Из чего состоит сервопривод .....	326
Сборка цепи с сервоприводом шаг за шагом .....	329
Подготовка сервопривода .....	330
Подключение двигателя .....	333
Подключение к компьютеру и загрузка скетча <code>Sweep</code> .....	334
Обзор скетча <code>LEA8_Sweep</code> .....	335
Инициализация .....	336
Функция <code>setup()</code> .....	338
Функция <code>loop()</code> .....	338
Что такое цикл <code>FOR</code> ? .....	339
Как работает цикл <code>for</code> ? .....	340
Операторы .....	343
Операторы сравнения .....	344
Составные операторы .....	344
Цикл <code>FOR</code> в скетче .....	346
Добавление интерактивности: взмах флагом .....	348
Подключение потенциометра .....	348
Как изменяется скетч при использовании потенциометра? .....	350
Анализ скетча <code>LEA8_Knob</code> .....	351
Инициализация .....	351
Код функции <code>setup()</code> .....	352
Код функции <code>loop()</code> .....	353



Два развевающихся флага: добавление второго сервопривода .....	354
LEA8_2_servos: первое знакомство .....	356
Инициализация .....	357
Функция <code>setup()</code> в LEA8_2_servos .....	358
Обзор кода функции <code>loop()</code> .....	358
Создание пользовательской функции .....	360
Вызов пользовательской функции .....	362
Функция <code>turnServos()</code> .....	363
Заключение .....	366
<b>9 Создание проектов .....</b>	<b>369</b>
Управление проектами .....	369
Наброски проекта .....	370
Разбиение на этапы .....	371
Пользовательское тестирование .....	372
Протоколирование и продумывание .....	373
Некоторые вспомогательные компоненты .....	373
Датчики .....	373
Приводы и двигатели .....	375
Типы проектов .....	378
Домашняя автоматизация .....	378
Роботы .....	379
Носимые проекты .....	379
Арт-проекты .....	380
Другие версии платы Arduino .....	380
Arduino Uno WiFi .....	381
Arduino Yún .....	381
Lilypad Arduino .....	382
Другие платы Arduino .....	382
Платы расширения Arduino .....	383
Документирование и публикация проекта .....	384
Съемка хороших фотографий .....	384
Запись заметок .....	385
Публикация проектов .....	385
Заклучение .....	385
<b>Приложение А. Чтение маркировки резисторов .....</b>	<b>387</b>
Определение номинала резистора по цветным полосам .....	387
Расположение резистора .....	388
Другой резистор .....	393
Повторный взгляд на таблицу расшифровки .....	394
Предметный указатель .....	396



# ПОСВЯЩЕНИЕ

*Посвящается Всем нашим студентам: бывшим, настоящим и будущим. Любопытство движет ими и вдохновляет нас.*



## БЛАГОДАРНОСТИ

Эта книга не появилась бы без помощи многих людей. Их даже больше, чем мы можем здесь перечислить. Мы хотели бы поблагодарить нашего технического редактора, Анну Пинкас, за ее неустанную и тщательную проверку текста. Черновая версия этой книги также претерпела много изменений от технических редакторов Михаэля Коломбо и Шарон Чичелли. Роджер Стюарт, наш издатель и редактор, всегда поддерживал нас и помогал в процессе передачи книги в печать. Приятно было работать с производственной командой из компании Happenstance Type-O-Rama, особенно с Лиз Уэлч и Морин Форис. Мы встретились на программе Interactive Telecommunications Program в Университете Нью-Йорка и всегда будем благодарны Тому Иго за предложение, над которым вместе работали на проекте. Благодарим весь факультет и персонал ИТР, особенно Дэна О'Салливана и Марианну Пети.

Эрик хотел бы поблагодарить свою жену Мари за ее бесконечную поддержку, без которой этой книги не было бы. Также он благодарен своим родителям, Дэвиду и Трейси, которые всегда верили в него.

Джоди хотела бы поблагодарить своего мужа Кельвина Рэйда, который, кажется, думает, что она способна на все, что угодно. И он сделал все возможное, чтобы подтвердить это. Также Джоди хотела бы почтить память своих родителей, Флоренс и Хосмера Калкин, которые были бы ошеломлены, но горды тем, что она стала соавтором технической книги.

## ОБ АВТОРАХ

**Джоди Калкин** – художница и учительница. Она представляла свои скульптуры, фотографии и инсталляции в музеях и галереях по всей стране и на международном уровне. Проиллюстрировала книгу Сина Рэйгана *How to Use a Breadboard* издательства Maker Media (2017). Ее комикс *Arduino!* был переведен на 12 языков. Она получала гранты и награды от Национального научного фонда, Совета штата Нью-Йорк по искусству и многих других организаций. В настоящее время Джоди работает профессором в Городском университете Нью-Йоркского муниципального колледжа Манхэттена в отделе медиаискусств и технологий. Имеет степень бакалавра Гарвардского университета в области визуальных исследований и MPS по программе Interactive Telecommunications Program Университета Нью-Йорка.

**Эрик Хейган** – интерактивный и кинетический художник и профессор из Астории, Нью-Йорк. Писал статьи для таких журналов, как *Make: magazine* и *Popular Science*. Он также принимал участие в нескольких арт-инсталляциях в Нью-Йорке, в том числе в ежегодных Holiday windows на Пятой авеню и *A Subtlety* Кары Уокер. В настоящее время работает ассистентом в отделе визуальных искусств в SUNY Old Westbury. Имеет степень бакалавра философии в Университете Дьюка и магистра программы Interactive Telecommunications Program Университета Нью-Йорка. Эрик обожает представлять различные проекты на ежегодной Нью-Йоркской ярмарке разработчиков (New York City World Maker Faire).

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Мы задумывали эту книгу как введение в электронику и платформу Arduino для абсолютных новичков. Писали и иллюстрировали ее, предполагая, что у читателя совершенно нет соответствующих знаний ни в электронике, ни в программировании. По мере чтения книги, постепенно, при помощи текста и рисунков, читателям будут объясняться базовые принципы электроники и программирования. После завершения ее изучения, книгу можно будет использовать как своего рода справочник по электронике и программированию.

Эта книга может стать отправной точкой для различных креативных проектов. После ее прочтения и выполнения всех упражнений, представленных здесь, читатель сможет самостоятельно разрабатывать собственные проекты. Мы не раскрыли полностью весь спектр возможностей Arduino, но поставили читателей на верный путь поиска таких возможностей.

Многие программные скетчи, приведенные в данной книге, взяты из предустановленных примеров Arduino IDE. Остальные скетчи доступны на сайте [github.com/arduinotogo/LEA](https://github.com/arduinotogo/LEA).



# ВВЕДЕНИЕ В ARDUINO



**В**озможно, вы уже видели Arduino в местных магазинах, слышали о ней от друга, который прикупил одну, или просто нашли в Интернете клевый проект, который вызвал у вас интерес. Что же такое Arduino? Говоря простым языком, это доступный, малоразмерный и простенький компьютер, который предназначен для взаимодействия с окружающим миром (рис. 1.1).

Большинство компьютеров, которые вы видели, скорее всего, управлялись при помощи клавиатуры и мыши, тач-скрина или трекпада. Arduino же позволяет вам собирать информацию из окружающего мира при помощи различного рода датчиков, измеряющих температуру, освещенность, уровень звука или даже вибрации под вашими ногами и преобразовывающих эти измерения в движение, звук, свет и так далее.



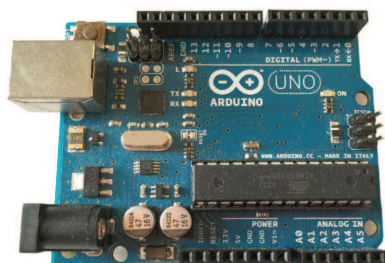
**Рис. 1.1.** Логотип Arduino

Изначально Arduino разработана преподавателями, желающими дать возможность создавать интерактивные

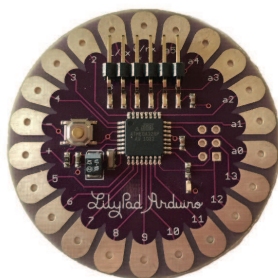
объекты и среды своим студентам, которые не были инженерами. С того момента, как Arduino впервые представили в 2005 году, по предварительной оценке, продано более 1 млн экземпляров. Разработчики, преподаватели, инженеры, энтузиасты и студенты с ее помощью создали множество различных проектов.

Существует много версий этой платы, и каждая из них создана для своих задач. На рис. 1.2 показаны несколько вариантов.

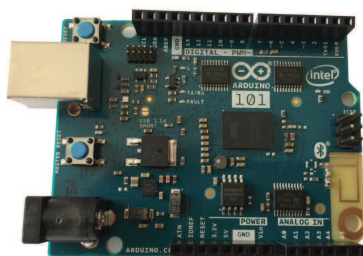
Эта книга написана в духе команды Arduino. Мы не предполагаем, что у вас есть какие-либо знания в области электроники или программирования, поэтому покажем, что необходимо для начала работы с Arduino. Будет хорошо, если вы любите мастерить или строить что-нибудь и у вас соответствующий склад характера.



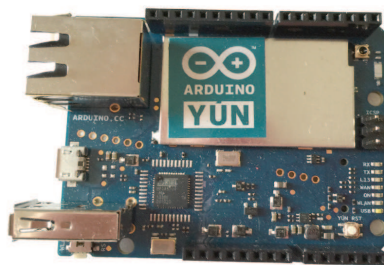
Arduino Uno



Arduino Lilypad



Arduino 101



Arduino YUN

**Рис. 1.2.** Существует много версий платы Arduino, и каждая из них разработана для решения определенных задач