

«Автор использует Arduino для создания электронных устройств так же лихо, как опытный плотник молоток при строительстве дома».

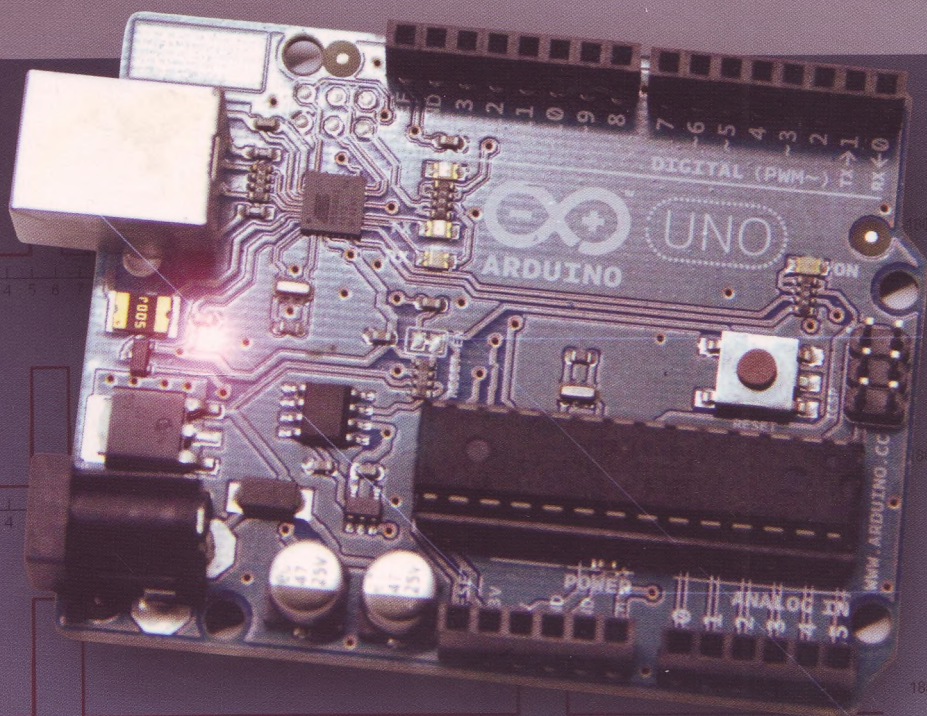
— Бре Петтис, основатель компании MakerBot Industries

ДЖЕРЕМИ БЛУМ

ИЗУЧАЕМ

ARDUINO®

ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОДЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО ВОЛШЕБСТВА



WILEY

Time (ms)

bhv®

Джереми Блум

ИЗУЧАЕМ
ARDUINO®

ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОДЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО ВОЛШЕБСТВА

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2020

УДК 004
ББК 32.973.26
Б71

Блум Джереми

Б71 Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства:
Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2020. — 336 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-3585-4

Книга посвящена проектированию электронных устройств на основе микроконтроллерной платформы Arduino. Приведены основные сведения об аппаратном и программном обеспечении Arduino. Изложены принципы программирования в интегрированной среде Arduino IDE. Показано, как анализировать электрические схемы, читать технические описания, выбирать подходящие детали для собственных проектов. Приведены примеры использования и описание различных датчиков, электродвигателей, сервоприводов, индикаторов, проводных и беспроводных интерфейсов передачи данных. В каждой главе перечислены используемые комплектующие, приведены монтажные схемы, подробно описаны листинги программ. Имеются ссылки на сайт информационной поддержки книги. Материал ориентирован на применение несложных и недорогих комплектующих для экспериментов в домашних условиях.

Для радиолюбителей

БИБЛИОТЕКА
Научно-техническое
отделение ЗНБ ЮФУ
(г. Таганрог)

УДК 004
ББК 32.973.26

Группа подготовки издания:

154 3712	Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
	Зам. главного редактора	<i>Игорь Шишигин</i>
	Зав. редакцией	<i>Екатерина Капальгина</i>
	Перевод с английского	<i>Виктора Петина</i>
	Редактор	<i>Леонид Кочин</i>
	Компьютерная верстка	<i>Ольги Сергиенко</i>
	Корректор	<i>Зинаида Дмитриева</i>
	Оформление обложки	<i>Марины Дамбиевой</i>

Authorized Russian translation of the English edition of Exploring Arduino®: Tools and Techniques for Engineering Wizardry, ISBN 978-1-118-54936-0 © 2013 by John Wiley & Sons, Inc. All Rights Reserved.
This translation published under license by BHV-St.Petersburg, © 2015.

Авторизованный перевод с английского на русский язык произведения Exploring Arduino®: Tools and Techniques for Engineering Wizardry, ISBN 978-1-118-54936-0 © 2013 by John Wiley & Sons, Inc. Все права защищены.
Этот перевод публикуется по лицензии издательством "БХВ-Петербург", © 2015.

Подписано в печать 02.10.19.

Формат 70×100^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 27,09.

Доп. тираж 3000 экз. Заказ № 10026.

"БХВ-Петербург", 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО "Принт-М", 142300, М.О., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

ISBN 978-1-118-54936-0 (англ.)
ISBN 978-5-9775-3585-4 (рус.)

© 2013 by John Wiley & Sons, Inc.
© Перевод на русский язык, оформление,
издательство "БХВ-Петербург", 2015, 2020

Оглавление

Об авторе.....	15
О техническом редакторе	16
Благодарности.....	17
Введение	19
Для кого эта книга	19
О чем эта книга	20
Что вам понадобится	20
Электронные ресурсы к книге	20
Дополнительный материал и поддержка.....	21
Что такое Arduino?.....	21
О движении Open Source.....	22
Несколько советов читателю	22
Дополнительная информация издательства "БХВ-Петербург" к русскоязычному изданию книги.....	23
ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛАТФОРМЕ ARDUINO.....	25
Глава 1. Начало работы, переключаем светодиод из Arduino	27
1.1. Знакомство с платформой Arduino.....	27
1.2. Аппаратная часть	28
1.3. Микроконтроллеры Atmel.....	28
1.4. Интерфейсы программирования	30
1.5. Цифровые и аналоговые контакты ввода-вывода.....	31
1.6. Источники питания.....	31
1.7. Платы Arduino	31
1.8. Запускаем первую программу	36
1.8.1. Загрузка и установка Arduino IDE	36
1.8.2. Запуск IDE и подключение к Arduino.....	37
1.8.3. Анализируем программу Blink.....	39
Резюме	41
Глава 2. Цифровые контакты ввода-вывода, широтно-импульсная модуляция	42
2.1. Цифровые контакты	43
2.2. Подключение внешнего светодиода	43
2.2.1. Работа с макетной платой.....	43

2.3. Подсоединение светодиодов.....	44
2.3.1. Закон Ома и формула для расчета мощности	45
2.4. Программирование цифровых выводов	47
2.5. Использование цикла	48
2.6. Широтно-импульсная модуляция с помощью <i>analogWrite()</i>	49
2.7. Считывание данных с цифровых контактов.....	52
2.7.1. Считывание цифровых входов со стягивающим резистором.....	52
2.8. Устранение "дребезга" кнопок	55
2.9. Создание управляемого ночника на RGB-светодиоде.....	58
Резюме	62
Глава 3. Опрос аналоговых датчиков.....	63
3.1. Понятие об аналоговых и цифровых сигналах.....	64
3.2. Сравнение аналоговых и цифровых сигналов.....	64
3.3. Преобразование аналогового сигнала в цифровой.....	65
3.4. Считывание аналоговых датчиков с помощью Arduino. Команда <i>analogRead()</i>	67
3.5. Чтение данных с потенциометра.....	67
3.6. Использование аналоговых датчиков	71
3.7. Работа с аналоговым датчиком температуры.....	73
3.8. Использование переменных резисторов для создания собственных аналоговых датчиков.....	75
3.9. Резистивный делитель напряжения.....	75
3.10. Управление аналоговыми выходами по сигналу от аналоговых входов	77
Резюме	79
ЧАСТЬ II. УПРАВЛЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ	81
Глава 4. Использование транзисторов и управляемых двигателей	83
4.1. Двигатели постоянного тока.....	84
4.2. Борьба с выбросами напряжения	85
4.3. Использование транзистора в качестве переключателя	86
4.4. Назначение защитных диодов	86
4.5. Назначение отдельного источника питания	87
4.6. Подключение двигателя.....	87
4.7. Управление скоростью вращения двигателя с помощью ШИМ	88
4.8. Управление направлением вращения двигателя постоянного тока с помощью Н-моста.....	91
4.9. Сборка схемы Н-моста	92
4.10. Управление работой Н-моста	94
4.11. Управление серводвигателем	98
4.11.1. Стандартные сервоприводы и сервоприводы вращения.....	98
4.11.2. Принцип работы серводвигателя	98
4.12. Контроллер серводвигателя.....	102
4.13. Создание радиального датчика расстояния.....	103
Резюме	107
Глава 5. Работаем со звуком	108
5.1. Свойства звука	109
5.2. Как динамик воспроизводит звук.....	110

5.3. Использование функции <i>tone()</i> для генерации звуков	110
5.4. Включение файла заголовка	111
5.5. Подключение динамика	112
5.6. Создание мелодии.....	114
5.6.1. Использование массивов	114
5.6.2. Создание массивов нот и определение их длительности звучания.....	115
5.6.3. Написание программы воспроизведения звука	116
Резюме	117
Глава 6. USB и последовательный интерфейс.....	118
6.1. Реализация последовательного интерфейса в Arduino	119
6.2. Платы Arduino с внутренним или внешним преобразователем FTDI.....	120
6.3. Платы Arduino с дополнительным микроконтроллером для преобразования USB в последовательный порт.....	122
6.4. Платы Arduino с микроконтроллером, снабженным встроенным интерфейсом USB....	123
6.5. Платы Arduino с возможностями USB-хоста	124
6.6. Опрос Arduino с компьютера.....	124
6.6.1. Пример вывода данных.....	124
6.6.2. Использование специальных символов.....	126
6.6.3. Изменение представлений типа данных	127
6.6.4. Общение с Arduino	128
6.6.5. Чтение информации из компьютера или другого последовательного устройства	129
Плата Arduino в качестве транслятора данных	129
Различие между <i>char</i> и <i>int</i>	130
Отправка одиночных символов для управления светодиодом	131
Отправка последовательности цифр для управления RGB-светодиодом	133
6.7. Создаем компьютерное приложение	136
6.7.1. Интерфейс Processing.....	136
6.7.2. Установка Processing.....	136
6.7.3. Плата Arduino управляет приложением на Processing	136
6.7.4. Отправка данных из Processing-приложения в Arduino	140
6.8. Изучаем особенности работы с Arduino Leonardo (и другими платами на основе процессора 32U4).....	143
6.8.1. Эмуляция клавиатуры	143
6.8.2. Отправка команд для управления компьютером	147
6.8.3. Эмуляция мыши	148
Резюме	151
Глава 7. Сдвиговые регистры	153
7.1. Что такое сдвиговый регистр.....	154
7.2. Последовательная и параллельная передача данных.....	155
7.3. Сдвиговый регистр 74HC595.....	155
7.3.1. Назначение контактов сдвигового регистра	155
7.3.2. Принцип действия сдвиговых регистров.....	156
7.3.3. Передача данных из Arduino в сдвиговый регистр.....	158
7.3.4. Преобразование между двоичным и десятичным форматами	160
7.4. Создание световых эффектов с помощью сдвигового регистра.....	161
7.4.1. Эффект "бегущий всадник"	161
7.4.2. Отображение данных в виде гистограммы	162
Резюме	165

Глава 8. Интерфейсная шина I²C	169
8.1. История создания протокола I ² C	170
8.2. Схема подключения устройств I ² C	170
8.2.1. Взаимодействие и идентификация устройств	171
8.2.2. Требования к оборудованию и подтягивающие резисторы	173
8.3. Связь с датчиком температуры I ² C	173
8.3.1. Сборка схемы устройства	173
8.3.2. Анализ технического описания датчика	174
8.3.3. Написание программы	177
8.4. Проект, объединяющий регистр сдвига, последовательный порт и шину I ² C	179
8.4.1. Создание системы мониторинга температуры	179
8.4.2. Модификация кода программы	180
8.4.3. Написание программы на Processing	182
Резюме	185
Глава 9. Интерфейсная шина SPI	186
9.1. Общие сведения о протоколе SPI	187
9.2. Подключение устройств SPI	188
9.2.1. Конфигурация интерфейса SPI	189
9.2.2. Протокол передачи данных SPI	189
9.3. Сравнение SPI и I ² C	190
9.4. Подключение цифрового потенциометра SPI	190
9.4.1. Техническое описание MCP4231	190
9.4.2. Описание схемы устройства	193
9.4.3. Написание программы	195
9.5. Создание световых и звуковых эффектов с помощью цифровых потенциометров SPI	197
9.5.1. Описание схемы устройства	197
9.5.2. Модификация программы	198
Резюме	201
Глава 10. Взаимодействие с жидкокристаллическими дисплеями	202
10.1. Настройка жидкокристаллического дисплея	203
10.2. Библиотека LiquidCrystal	206
10.3. Вывод текста на дисплей	206
10.4. Создание специальных символов и анимации	208
10.5. Создание регулятора температуры	211
10.5.1. Монтаж схемы устройства	212
10.5.2. Отображение данных на ЖК-дисплее	213
10.5.3. Установка порогового значения температуры с помощью кнопок	215
10.5.4. Добавляем вентилятор и звуковое оповещение	216
10.5.5. Итог всего: полная программа	217
10.6. Как усовершенствовать проект	221
Резюме	221
Глава 11. Беспроводная связь с помощью радиомодулей XBee	222
11.1. Общие сведения о беспроводной связи XBee	223
11.1.1. Радиомодули XBee	224

11.1.2. Платы расширения для XBee	226
Стабилизатор 3,3 В	226
Согласование логических уровней	226
Светодиодные индикаторы	226
Переключатель или переключатель выбора UART	227
Программная или аппаратная реализация UART	227
11.2. Настройка модулей XBee	228
11.2.1. Настройка с помощью USB-адаптера	228
Первый вариант программирования (не рекомендуется)	229
Второй вариант программирования (рекомендуется)	229
11.2.2. Настройка модуля XBee и его подключение к компьютеру	229
11.2.3. Настройка XBee с помощью Windows-приложения X-CTU	230
11.2.4. Настройка модулей XBee из последовательного терминала	234
11.3. Соединяемся с компьютером по беспроводной сети	235
11.3.1. Автономное питание платы Arduino	235
Питание от USB с компьютера или сетевого адаптера	235
Питание от батареи	236
Сетевые источники питания	237
11.3.2. Пример 1: беспроводное управление цветом окна на компьютере	237
11.3.3. Пример 2: управление RGB-светодиодом	240
11.4. Беспроводной дверной звонок	243
11.4.1. Разработка системы	243
11.4.2. Оборудование для передатчика	244
11.4.3. Оборудование для приемника	245
11.4.4. Программа для передатчика	246
11.4.5. Программа для приемника	247
Резюме	249

ЧАСТЬ IV. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТЕМЫ И ПРОЕКТЫ..... 251

Глава 12. Аппаратные прерывания и прерывания по таймеру	253
12.1. Использование аппаратных прерываний	254
12.2. Что выбрать: опрос состояния в цикле или прерывания?	255
12.2.1. Программная реализация	255
12.2.2. Аппаратная реализация	255
12.2.3. Многозадачность	255
12.2.4. Точность сбора данных	256
12.2.5. Реализация аппаратного прерывания в Arduino	256
12.3. Разработка и тестирование системы противодребезговой защиты для кнопки	257
12.3.1. Создание схемы аппаратного устранения дребезга	257
12.3.2. Монтаж схемы	260
12.3.3. Программа обработки аппаратного прерывания	262
12.4. Прерывания по таймеру	264
12.4.1. Общие сведения о прерываниях по таймеру	264
12.4.2. Установка библиотеки	264
12.4.3. Одновременное выполнение двух задач	265
12.5. Музыкальный инструмент на прерываниях	266
12.5.1. Схема музыкального инструмента	266
12.5.2. Программа для музыкального инструмента	266
Резюме	269

Глава 13. Обмен данными с картами памяти SD	270
13.1. Подготовка к регистрации данных.....	271
13.1.1. Форматирование данных с помощью CSV-файлов.....	271
13.1.2. Подготовка SD-карты для регистрации данных	272
13.2. Взаимодействие Arduino с SD-картой.....	276
13.2.1. Платы расширения для SD-карт.....	276
13.2.2. SPI-интерфейс SD-карты	280
13.2.3. Запись на SD-карту.....	280
13.2.4. Чтение с SD-карты	285
13.3. Использование часов реального времени.....	288
13.3.1. Общие сведения о часах реального времени	289
Микросхема часов реального времени DS1307	289
Сторонняя библиотека Arduino RTCLib.....	290
13.3.2. Использование часов реального времени	290
Подключение модулей SD card shield и RTC	291
Модификация программы для работы с RTC.....	291
13.4. Регистратор прохода через дверь	295
13.4.1. Схема регистратора.....	296
13.4.2. Программа для регистратора.....	296
13.4.3. Анализ зарегистрированных данных	300
Резюме	301
Глава 14. Подключение Arduino к Интернету.....	302
14.1. Всемирная паутина, Arduino и Вы	303
14.1.1. Сетевые термины.....	303
IP-адрес	303
MAC-адрес.....	304
HTML.....	304
HTTP	304
GET/POST.....	304
DHCP.....	304
DNS	305
Клиенты и серверы	305
Подключение к сети платы Arduino	305
14.2. Управление платой Arduino из Интернета.....	306
14.2.1. Настройка оборудования для управления вводом-выводом.....	306
14.2.2. Создание простой веб-страницы	306
14.2.3. Написание программы для Arduino-сервера.....	308
Подключение к сети и получение IP-адреса через DHCP	308
Ответ на клиентский запрос.....	309
Итоговая программа веб-сервера	309
14.3. Управление платой Arduino по сети.....	313
14.3.1. Управление платой Arduino по локальной сети.....	313
14.3.2. Организация доступа к плате Arduino из внешней сети.....	314
Вход в панель администрирования маршрутизатора.....	315
Резервирование IP-адреса для Arduino в DHCP	315
Перенаправление порта 80 на плату Arduino.....	316
Обновление динамического DNS	316

14.4. Отправка данных в реальном времени в графические сервисы	317
14.4.1. Создание потока данных на Xively	317
Создание учетной записи Xively.....	317
Создание потока данных	317
Установка библиотек Xively и HTTPClient.....	318
Подключение к плате Arduino	319
Настройка Xively и выполнение программы	320
Отображение данных на веб-странице	322
14.4.2. Добавление компонентов в поток	322
Добавление аналогового датчика температуры	323
Добавление показаний датчика в поток	323
Приложение	326
Приложение. Документация на микроконтроллер ATmega	
■ схема платы Arduino	327
Знакомство с технической документацией	327
Анализ технического описания	327
Цоколевка микросхемы ATmega 328P	329
Принципиальная схема Arduino	331
Предметный указатель	333

«Легкий для понимания стиль изложения и глубокое содержание книги по Arduino позволят новичкам в области цифровых технологий обрести почву под ногами, а опытным пользователям, увлеченным своим хобби, окунуться в мир Arduino для создания оригинальных устройств».

— Грис Гэммель, ведущий интернет-станции Amp Hour Podcast

В книге описано использование популярной микроконтроллерной платформы Arduino для разработки различных электронных устройств и обучения в области электротехники, программирования и взаимодействия человека с компьютером. Автор книги делится передовым опытом в области программирования и проектирования устройств, а также фрагментами кода и схемотехническими решениями.

В отличие от большинства книг, посвященных Arduino, вы узнаете не только как собрать готовое устройство, но и как анализировать электрические схемы, читать технические описания, выбирать подходящие детали для собственных проектов. При описании программного кода наряду с полным текстом программы подробно рассматриваются ее фрагменты, что помогает лучше понять функции и особенности выполнения алгоритма.

Материал ориентирован на применение несложных и недорогих комплектующих для экспериментов в домашних условиях.

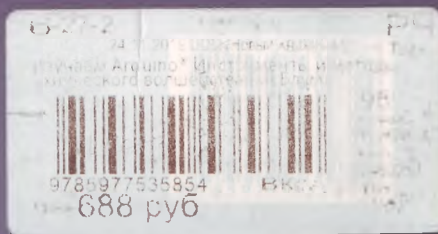
- Откройте для себя особенности использования плат Arduino различных типов
- Используйте Arduino для решения простых и сложных задач в области электроники
- Изучите принципы проектирования, программирования и разработки электронных устройств
- Используйте полученный передовой опыт, код и схемотехнические решения при создании собственных проектов
- Используйте приобретенные навыки при освоении других микроконтроллерных платформ

Схемы, обучающие видеоролики, а также программный код вы найдете на сайте <http://www.exploringarduino.com>

ОТКРОЙТЕ ДЛЯ СЕБЯ МИР ARDUINO ВМЕСТЕ С ЭТОЙ КНИГОЙ!

Джереми Блум (Jeremy Blum) профессиональный инженер-электронщик, известный во всем мире благодаря серии популярных образовательных видеоуроков по Arduino, размещенных на YouTube, а также оригинальным разработкам: системы отслеживания для «умных» солнечных батарей, протеза руки, ходячих роботов, музыкального терменвокса, контроллеров жеста на перчатках, «машинного зрения» и многого другого.

Дизайн обложки Райана Снида
Фотография на обложке Джереми Блума



91036, Санкт-Петербург,
Гончарная ул., 20
Тел.: (812) 717-10-50,
339-54-17, 339-54-28
E-mail: mail@bhv.ru
Internet: www.bhv.ru

WILEY