
КРАТКОЕ ОГЛАВЛЕНИЕ

Благодарности.....	XIII
Предисловие.....	XV
Введение.....	XVII
Глава 1. Знакомство с компьютером Raspberry Pi.....	1
Глава 2. Основы электроники.....	25
Глава 3. Строим первого робота.....	41
Глава 4. Учим робота двигаться.....	67
Глава 5. Учим робота избегать столкновений с препятствиями.....	85
Глава 6. Подключаем к роботу свет и звук.....	99
Глава 7. Движение вдоль линии.....	117
Глава 8. Компьютерное зрение: погоня за цветным мячиком.....	133
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	157
П1. Полезные ресурсы.....	158
П2. Расположение и назначение выводов GPIO Raspberry Pi.....	162
П3. Цветовая маркировка резисторов.....	164
П4. Краткий курс пайки.....	166
П5. Автозапуск программ при загрузке.....	174
П6. Описание файлового архива, сопровождающего книгу.....	178
Предметный указатель.....	181

ОГЛАВЛЕНИЕ

Благодарности	XIII
Предисловие	XV
Введение	XVII
Зачем создавать и изучать роботов?.....	XVIII
Почему мы используем Raspberry Pi?	XVIII
О чем эта книга?.....	XIX
Для кого эта книга?	XX
Где купить компоненты?.....	XX
Давайте начнем!.....	XXI
Глава 1. Знакомство с компьютером Raspberry Pi	1
Ваш первый Raspberry Pi	2
Из чего состоит Raspberry Pi?	4
Что вам еще понадобится?	6
Подготовка Raspberry Pi к работе	7
Загрузка файлов операционной системы Raspberry Pi	7
Подключение и настройка Raspberry Pi.....	10
Установка ОС Raspbian на Raspberry Pi.....	11
Настройка ОС Raspbian	12
Особый мир терминала	14
Знакомство с терминалом	14
Доступ к Raspberry Pi с другого компьютера.....	17
Что такое программирование?	20
Знакомьтесь: Python	21
Пишем первую программу на Python.....	21
Заключение.....	22

Глава 2. Основы электроники.....	25
Что такое электричество?	26
Ток	26
Электрическая цепь	27
Сопротивление	27
Закон Ома	28
Мигание светодиода: задействуем выход GPIO	28
Необходимые компоненты	29
Подключаем светодиод	31
Пишем программу для управления светодиодом	33
Запускаем программу мигающего светодиода	35
Испытайте себя: измените задержку.....	36
Чтение состояния кнопки: вход GPIO	36
Необходимые компоненты	36
Подключение кнопки.....	37
Программируем обработку нажатия кнопки.....	38
Запуск программы.....	39
Испытайте себя: объедините программы	39
Заключение.....	39
Глава 3. Строим первого робота	41
Ваш двухколесный робот	42
Необходимые компоненты для сборки робота	43
Шасси	44
Двигатели	45
Батареи	47
Преобразователь напряжения	48
Контроллер двигателя	49
Рекомендуемые инструменты.....	49
Сборка робота.....	49
Изготовление шасси.....	50
Крепление двигателей.....	51
Придание роботу устойчивости	52
Установка держателя батарей.....	53

Монтаж Raspberry Pi, макетной платы и преобразователя напряжения.....	53
Подключение питания к Raspberry Pi.....	54
Подключение двигателей.....	59
Заключение.....	65
Глава 4. Учим робота двигаться.....	67
Необходимые компоненты.....	68
Что такое H-мост?.....	68
Первые перемещения.....	69
Движение по заданному маршруту.....	69
Запуск программы движения по маршруту.....	71
Дистанционное управление роботом.....	72
Беспроводной контроллер Wiimote.....	73
Программирование функций дистанционного управления.....	75
Запуск программы дистанционного управления роботом.....	76
Управление скоростью движения.....	77
Принцип работы ШИМ.....	77
Знакомство с акселерометром.....	78
Управление скоростью движения робота.....	81
Запуск программы дистанционного управления с ШИМ.....	82
Испытайте себя: усовершенствуйте своего робота.....	83
Заклучение.....	83
Глава 5. Учим робота избегать столкновений с препятствиями.....	85
Обнаружение препятствий.....	86
Использование ультразвуковых датчиков для определения расстояния до объектов.....	86
Принцип работы датчика HC-SR04.....	86
Измерение небольших расстояний.....	87
Необходимые компоненты.....	87
Понижение напряжения с помощью делителя.....	88
Подключение датчика HC-SR04.....	89
Программируем Raspberry Pi для измерения расстояния.....	92
Запуск программы.....	93

Учим робота предотвращать столкновения	94
Установка датчика HC-SR04 на шасси	94
Программируем предотвращение столкновений	94
Пробный запуск программы	96
Доработка программы предотвращения столкновений	97
Заключение.....	97
Глава 6. Подключаем к роботу свет и звук.....	99
Подключение светодиодов NeoPixel к Raspberry Pi	100
Знакомство с NeoPixel и цветовой схемой RGB.....	100
Необходимые компоненты	101
Подключение светодиодов NeoPixel	102
Установка программного обеспечения.....	104
Настройка примера кода из библиотеки	106
Запуск примера кода	107
Управление светодиодами с помощью пульта Wiimote	108
Запуск совмещенной программы NeoPixel и Wiimote	109
Самостоятельная работа	110
Подключение динамика к Raspberry Pi.....	110
Принцип работы динамика	110
Подключение динамика	111
Добавление звука в программу Wiimote	111
Установка программного обеспечения.....	111
Воспроизведение звуковых файлов через терминал	112
Воспроизведение звука с помощью программы Wiimote	114
Запуск модифицированной программы.....	114
Звуковой сигнал в программе предотвращения столкновений	114
Добавление в программу звукового сигнала	115
Запуск модифицированной программы.....	115
Самостоятельная работа: добавление звука	115
Заключение.....	115
Глава 7. Движение вдоль линии.....	117
Изготовление трассы.....	118
Принцип отслеживания линии	121

Подключение и проверка ИК-датчика	123
Необходимые компоненты	123
Подключение модуля TCRT5000 к Raspberry Pi	124
Программа для проверки датчика линии	125
Запуск проверочной программы.....	126
Учим робота двигаться вдоль линии.....	126
Подключение второго модуля TCRT5000	126
Установка датчиков на шасси робота	128
Программа следования вдоль линии	128
Запуск программы следования вдоль линии	129
Заключение.....	131

Глава 8. Компьютерное зрение: погоня за цветным мячиком 133

Процесс компьютерного зрения	134
Необходимые компоненты	134
Цветной мячик.....	135
Штатный модуль камеры Raspberry Pi	135
Подключение и настройка модуля камеры	136
Монтаж камеры на шасси.....	137
Включение камеры и сервиса VNC и настройка разрешения экрана	138
Пробный фотоснимок	140
Удаленное управление рабочим столом с помощью VNC	140
Установка и использование программы VNC Viewer	141
Фотосъемка и просмотр изображений	143
Учим робота искать и преследовать мячик.....	145
Основы теории распознавания цветных объектов.....	145
Установка программного обеспечения.....	147
Определение цвета HSV цветного объекта	147
Запуск тестовой программы HSV	148
Программирование распознавания и сопровождения мячика	149
Запуск программы компьютерного зрения.....	154
Эксперименты с обработкой изображений	154
Заключение.....	155

ПРИЛОЖЕНИЯ.....	157
П1. Полезные ресурсы.....	158
Raspberry Pi Guy.....	159
Напишите мне!.....	159
Другие сайты.....	160
Клубы и события.....	160
Книги и публикации.....	161
П2. Расположение и назначение выводов GPIO Raspberry Pi.....	162
П3. Цветовая маркировка резисторов.....	164
П4. Краткий курс пайки.....	166
Что вам понадобится?.....	167
Припой.....	167
Паяльник.....	168
Подставка и очиститель жала паяльника.....	168
Дополнительные приспособления.....	169
Соединение двух компонентов пайкой.....	170
Подготовка к пайке.....	170
Лужение жала паяльника.....	170
Подготовка компонентов к пайке.....	171
Пайка идеального соединения.....	171
Заключение.....	173
П5. Автозапуск программ при загрузке.....	174
Редактирование файла <i>rc.local</i>	175
Практический пример.....	176
П6. Описание файлового архива, сопровождающего книгу.....	178
Предметный указатель.....	181

БЛАГОДАРНОСТИ

Это издание не появилось бы без помощи, поддержки и труда множества людей, полный список которых, вероятно, превысил бы по объему саму эту книгу.

Во-первых, я хотел бы поблагодарить Лиз Чедвик (Liz Chadwick), Жанель Людовиз (Janelle Ludowise), Билла Поллока (Bill Pollock) и всю команду издательства «No Starch Press» за то, что убедили меня написать книгу, посвященную изучению робототехники на основе Raspberry Pi. Спасибо также моему другу Джиму Дарби (Jim Darby), непревзойденному знатоку и поклоннику Raspberry Pi, за внимательное рассмотрение будущей книги и полезные замечания.

Без компьютера Raspberry Pi не существовала бы не только эта книга, но и мое увлечение и любовь к информатике в ее сегодняшнем виде. За это я должен поблагодарить Фонд Raspberry Pi (Raspberry Pi Foundation) и всех, кто связан с ним. Благодаря Фонду мир стал во многом лучше. В частности, я обязан Эбену Аптону (Eben Upton) за многолетнее обучение, наставничество и поддержку, а также за написание предисловия к этой книге.

Компьютер Raspberry Pi был бы ничем без огромного мирового сообщества, которое его окружает. Независимо от того, являетесь ли вы новичком в этом сообществе или участвовали в нем с самого начала, спасибо вам! И еще спасибо всем, кто поддержал мой канал на YouTube, слушал мои выступления или улыбался мне на мероприятиях, посвященных Raspberry Pi!

Спасибо Филу Говарду (Phil Howard), Бену Наттолу (Ben Nuttall) и Саймону Билу (Simon Beal) за поддержку и советы по программированию на Python 3 в течение всего процесса работы над книгой. Полу Фрикли (Paul Freakley), Брайану Кортейлу (Brian Corteil) и Робу Карпински (Rob Karpinski) — спасибо, что помогли мне изготовить самодельные компоненты и дали доступ к мощным лазерным резакам, 3D-принтерам и многому другому.

Спасибо Тэму Ханбери-Трейси (Tim Hanbury-Tracy) за то, что он отдал мне свое место в очереди на предварительный заказ оригинального Raspberry Pi еще в 2012 году, — насколько иной была бы моя жизнь, если бы не ваша щедрость.

Наконец, спасибо моим друзьям и семье — без вас мое погружение в информатику и написание этой книги были бы невозможны. Отдельно благодарю моих родителей Ребекку и Джеффа за бесконечную любовь, поддержку и наставления.

ПРЕДИСЛОВИЕ



Когда в 2008 году мы основали Фонд Raspberry Pi и начали создавать компьютер Raspberry Pi, то рассматривали его в первую очередь как платформу для разработки программного обеспечения. Если бы тогда вы спросили меня, как будет в образовательных целях использоваться наш компьютер в 2018 году, я бы, наверное, сослался на разработку игр, — в конце концов, именно таким путем я пришел в информатику еще в конце 1980-х годов.

За шесть лет, миновавших с начала производства Raspberry Pi, размеры сообщества поклонников этого маленького обучающего компьютера вышли за пределы наших самых смелых мечтаний.

Дети и взрослые по всему миру используют Raspberry Pi для получения технических навыков, мы отправили два таких устройства на Международную космическую станцию, где запустили код, разработанный более чем тремя тысячами команд молодых людей со всей Европы, мы подготовили тысячи преподавателей для проведения наглядных уроков на основе нашей библиотеки бесплатных образовательных ресурсов.

Все это было неожиданно, но самым большим сюрпризом для меня стала популярность проектов, связанных с физическим оборудованием, — не просто написание кода, а использование нашего компьютера для взаимодействия с окружающим миром. Сражения гномов с эльфами на экране — это круто, но перемещение робота по комнате — еще круче. 40-контактный разъем GPIO, добавленный по настоянию моего коллеги Пита Ломаса (Pete Lomas) и обеспечивший возможность подключения к компьютеру всевозможных датчиков и исполнительных механизмов, во многих отношениях оказался самой полезной частью платы.

Очевидно, что обучающие платформы хороши ровно настолько, насколько хороша сопровождающая их документация, и многим начинающим программистам может показаться сложным изучение взаимодействия с физическим миром с ее помощью. И эта книга, посвященная изучению робототехники на основе Raspberry Pi и представляющая собой краткий экскурс в эту захватывающую область, начинающийся с простейших примеров ввода и вывода и заканчивающийся созданием робота, оснащенного беспроводным управлением и способного автономно отслеживать объекты внешней среды и выбирать к ним оптимальные пути, станет вам надежным подспорьем.

Я надеюсь, что через двадцать или тридцать лет несколько человек оглянутся на Raspberry Pi с той же признательностью, как это было с первыми настольными компьютерами BBC Micro и Commodore Amiga. Если это случится, я уверен, что некоторые из них поблагодарят автора книги и Raspberry Pi за то, что они показали им, как получить от этой платформы максимальную отдачу.

Доктор Эбен Аптон,
генеральный директор Raspberry Pi (Trading), Ltd.

Кембридж, Великобритания
Апрель 2018

ВВЕДЕНИЕ

Добро пожаловать на курс обучения робототехнике с Raspberry Pi!

В этой книге мы с вами отправимся в увлекательное путешествие в мир электроники, программного кода и роботов. Я покажу вам, как использовать мини-компьютер Raspberry Pi для создания собственного робота с нуля.

Вместе мы реализуем несколько проектов, которые оснастят нашего робота потрясающими возможностями — от дистанционного управления до распознавания объектов и следования по заданному пути — а также привьем ему многие другие навыки!

Прочитав эту книгу, вы станете вооружены навыками программирования и проектирования, получите базовые знания, необходимые для

воплощения в жизнь своих самых невероятных идей, и сможете посвятить годы жизни робототехнике и информатике.

В этой книге также рассмотрены и другие области информатики, в том числе программирование на одном из самых популярных языков — Python. Изучение Python — это идеальный первый шаг для любого, кто интересуется компьютерами и современными технологиями!

Зачем создавать и изучать роботов?

Нас окружают роботы. Они создают продукты, которые мы используем каждый день. Они спасают жизни в хирургии. Они даже исследуют Марс и прочие части нашей Солнечной системы. По мере развития технологий люди все больше и больше полагаются на роботов, чтобы сделать свою жизнь проще, лучше и безопаснее. Благодаря появлению искусственного интеллекта очень скоро станут нормой автомобили без водителя и умные роботы-помощники!

Никогда еще не было столь удачного времени, чтобы начать изучение робототехники — просто для удовлетворения своего любопытства, или как начало будущей успешной карьеры. И кроме того, если вы хоть немного разберетесь в роботах, у вас будет гораздо больше шансов выжить после восстания роботов. (Шутка.)

Создавая роботов, вы приобретаете опыт и знания в самых разных областях. Умение мастерить? Да! Прикладная электроника? Да! Программирование? Да! Эта книга — прекрасное введение во все три области.

Но помимо всего сказанного, я могу одной фразой увлечь вас созданием роботов — *потому что это весело*. Есть что-то особенное, интригующее и захватывающее в наблюдении за устройством, которое вы заставили бегать по полу, избегая препятствий, или мигать огоньками.

Робототехника завлекла меня в мир информатики, когда мне было 13 лет, и с тех пор не отпускает.

Почему мы используем Raspberry Pi?

Raspberry Pi — это компьютер стоимостью 35 долларов и размером с кредитную карту. Он был задуман как недорогое вспомогательное устройство для изучения программирования и электроники. Несмотря на небольшой размер и низкую стоимость, Raspberry Pi представляет собой полнофункциональный компьютер, который может делать практически все, что вы хотите, — от запуска программ до обработки текста и просмотра веб-страниц.

Raspberry Pi — отличная платформа для изучения робототехники. Он дешевый, маленький, прост

в обращении и легко доступен. Вы можете запрограммировать Pi практически на любом языке, который можно себе представить, и встраивать его в любые прикладные проекты. Pi — это идеальный компромисс между мощностью и простотой, поэтому ничто не мешает вам создавать роботов.

С момента начала его продаж в 2012 году в Кембридже, Великобритания, компьютер Raspberry Pi завоевал широкую популярность во всем мире. Миллионы людей делятся своими достижениями, проектами и идеями в Интернете, что позволяет новичкам совершенствоваться и учиться у тех,

кто знает больше. Энтузиасты проводят много локальных мероприятий, где вы можете пообщаться и показать свои достижения. Такие встречи

обычно с любовью называют Raspberry Jams¹, и они проходят по всему миру.

О чем эта книга?

В этой книге я расскажу вам о том, как с нуля последовательно создать несколько все более усложняющихся вариантов двухколесного робота. Вы будете улучшать этого робота проектом за проектом, добавляя компоненты и программируя новые функциональные возможности. В каждом разделе книги приведены подробные пошаговые инструкции для этапов сборки и связанные с ними программы. Вы можете бесплатно скачать файловый архив исходных кодов этих программ по адресу: <ftp://ftp.bhv.ru/9785977541237.zip>, со страницы русского перевода книги на сайте www.bhv.ru (см. приложение 6) или со страницы оригинального издания книги: <https://nostarch.com/raspirobots/>. Там также можно найти любые обновления или дополнительные материалы.

Посмотрите, что вас ждет в каждой главе:

- **Глава 1: Знакомство с компьютером Raspberry Pi** — познакомит вас с Raspberry Pi и его возможностями. Я расскажу вам, как установить операционную систему и настроить ее для подключения по локальной сети при помощи SSH. В этой главе вы также познакомитесь с терминалом командной строки и напишете свою первую программу на Python.
- **Глава 2: Основы электроники** — знакомит с электричеством и поясняет, что это такое и как мы можем его использовать. В этой главе вы найдете два адресованных начинающим проекта, которые отлично подходят для тренировки, прежде чем вы начнете создавать роботов. К концу главы вы создадите схемы и программы, которые мигают светодиодом и реагируют на нажатие кнопки.
- **Глава 3: Строим первого робота** — здесь вы начнете строить своего робота! Мы создадим шасси с двигателями и колесами. Вы узнаете о том, как устроены различные части робота и как они соединяются между собой.

- **Глава 4: Учим робота двигаться** — ваш только что созданный робот продемонстрирует свою мощь в движении под управлением пульта Nintendo Wiimote. Вы запустите программу на языке Python и заставите вашего робота двигаться — сначала по заранее заданному маршруту, а затем просто наклоняя и поворачивая пульт Wiimote в стиле компьютерной игры Mario Kart.
- **Глава 5: Учим робота избегать столкновений с препятствиями** — ваш первый опыт автономной робототехники. В этом проекте робот научится использовать ультразвуковой датчик расстояния, чтобы избегать столкновений с препятствиями. Вы больше никогда не попадете в аварию!
- **Глава 6: Подключаем к роботу свет и звук** — оснащаем робота яркими огнями и динамиком. Вы сможете запрограммировать свои собственные ослепительные световые шоу и подключить к Raspberry Pi динамик, чтобы ваш робот мог издавать звук наподобие автомобильного гудка.
- **Глава 7: Движение вдоль линии** — здесь вы узнаете, как использовать датчики и код, чтобы ваш робот следовал вдоль нарисованной на поверхности движения черной линии. Он без промедления помчится по трассе, которую вы нарисовали!
- **Глава 8: Компьютерное зрение: погоня за цветным мячиком** — самый продвинутый проект этой книги, в котором использована обработка изображений, одна из самых высокотехнологичных областей информатики. В этой главе ваш робот задействует штатный модуль камеры Raspberry Pi и алгоритмы компьютерного зрения, чтобы распознавать цветной мячик и следовать за ним, пока он находится в поле зрения камеры.

¹ Игра слов: «Малиновая тусовка» и «Малиновое варенье». — Здесь и далее примечания переводчика, если не указано иное.

Для кого эта книга?

Предлагаемая вам книга — для всех, кто интересуется роботами, программированием и электроникой. Я не жду от читателей наличия какой-либо предварительной подготовки и стараюсь не

употреблять сложные термины или непонятный жаргон. Люди всех возрастов и профессий найдут для себя что-то полезное в простых проектах и описаниях книги.

Где купить компоненты?

В ходе работы над проектами из этой книги вам понадобятся различные электронные компоненты, материалы для изготовления шасси и несколько инструментов. Не волнуйтесь, все это находится в широком доступе. В каждой главе приведены конкретные советы по приобретению нужных компонентов, но в целом все, что вам потребуется, можно найти в Интернете на таких сайтах, как eBay и Amazon.

Уточнения ради отмечу, что все упомянутые в книге электронные компоненты можно приобрести в интернет-магазинах, таких как уже упомянутый eBay (<https://www.ebay.com/>), или в специализированных интернет-магазинах электроники, таких как Adafruit (<https://www.adafruit.com/>), Pimoroni (<https://shop.pimoroni.com/>), The Pi Hut (<https://thepihut.com/>), CPC Farnell (<http://cpc.farnell.com/>) и RS Components (<http://uk.rs-online.com/web/>). Этот список ни в коем случае не является исчерпывающим, и вы можете найти в своей стране магазины подешевле или поближе. Возможно, вам даже повезло, и прямо рядом с вами есть магазин электроники, где вы можете купить нужные компоненты!

В соответствующих главах я подробно расскажу, какие именно детали вам понадобятся для каждого проекта, а пока приведу полный список всего, что необходимо:

Глава 1:

- микрокомпьютер Raspberry Pi 3 Model B/B+ или новее;
- карта памяти microSD объемом 8 Гбайт или больше;

- кабель HDMI, USB-клавиатура и USB-мышь;
- адаптер питания 5 В с разъемом microUSB.

Глава 2:

- 400-точечная макетная плата;
- светодиод с подходящим резистором;
- соединительные провода для макетной платы;
- кнопка без фиксации.

Глава 3:

- шасси для вашего робота (я сделал шасси из деталей конструктора LEGO);
- два коллекторных двигателя на напряжение 5–9 В с редукторами и шинами;
- держатель для шести батареек типа AA;
- шесть батареек типа AA (я рекомендую аккумуляторы);
- модуль источника питания на микросхеме LM2596;
- микросхема для управления двигателями L293D.

Глава 4:

- игровой пульт Nintendo Wii;
- адаптер Bluetooth (для ранних моделей Pi вплоть до Model 3 / Zero W).

Глава 5:

- ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04;
- резистор 1 кОм и резистор 2 кОм.

Глава 6:

- модуль из восьми светодиодов NeoPixel с разъемом;
- небольшой динамик с разъемом 3,5 мм.

Глава 7:

- два инфракрасных сенсорных модуля на основе TCRT5000.

Глава 8:

- штатный модуль камеры Raspberry Pi;
- цветной мячик.

Кроме того, у вас под рукой должны быть следующие материалы и инструменты:

- различные отвертки;
- клеевой пистолет;
- мультиметр;
- паяльник;
- инструмент для зачистки проводов;
- застежка-липучка, или липучка Velcro, или двусторонний скотч 3M.

Давайте начнем!

Короче говоря, роботы и Raspberry Pi — это здорово. Теперь, когда первое знакомство позади, пора приступить к делу! Просто переверните страницу, чтобы начать свои приключения в мире роботов...