

---

# Введение

---

Мы очень рады, что ваш выбор пал на нашу книгу. С ее помощью вы совсем скоро научитесь конструировать устройства, умеющие анализировать окружающую их действительность, представленную реальной средой и обладающую четкими физическими характеристиками. К ним относятся, например, газовые анализаторы и охранные сигнализации. Они не только представляют физические параметры в виде точных числовых значений, но и умеют выполнять различные действия, основанные на результатах анализа окружающей среды.

Современные датчики умеют много чего: измерять температуру, давление, световые потоки, ускорение и выводить полученные результаты в виде числовых данных, например 22 °C, 1015 мБар, 2,3 г. Обратите внимание на то, что в случае светового анализатора возвращается не числовое значение, а значение булева типа — истина или ложь, — и с этим вы также столкнетесь в одном из проектов, описанных в этой книге.

Центром управления всех рассматриваемых в книге проектов является микроконтроллерная система, для эффективного использования которой вам придется научиться создавать программы управления оборудованием, подключаемым к микроконтроллерной плате. В книге вы познакомитесь с двумя популярнейшими на сегодняшний день платформами: Arduino и Raspberry Pi. Каждая из них не требует глубоких познаний в области программирования для управления электронным оборудованием, поддерживаемым микроконтроллерной системой.

## Сначала была идея...

---

Если вы не хотите тратить половину жизни на изучение основ электротехники, а мечтаете как можно скорее приступить к созданию многофункциональных гаджетов, роботов и других полезных устройств, то вы выбрали правильную книгу. В ней мы покажем, как практически и в кратчайшие сроки реализовать все возникшие в голове идеи.

Стоит заметить, что любые знания становятся полезными лишь тогда, когда к ним проявляется постоянный интерес. Не имея выхода в виде практической задачи, приобретенные ранее умения и навыки становятся бессмысленными и быстро забываются. Поэтому не бойтесь проявлять творческую инициативу, смело экспериментируйте, почаще воплощайте свои идеи и не забывайте делиться своими изысканиями с интернет-сообществом.

В каждой части вы найдете описание отдельного пилотного проекта, в котором для получения необходимого результата применяется несколько несвязанных между собой технологий. К примеру, в одной из глав описан проект создания деревянного сундука, открывающегося только после сканирования отпечатков пальцев владельца, а в другой главе рассматривается проект произвольно изменяющего свой оттенок сферического купола. Эти забавные устройства при первом знакомстве сложно воспринимать серьезно, но полученные при их реализации знания станут вашей отправной точкой в мире инновационных решений.

Навыки, полученные при работе с Arduino, вы легко сможете использовать при решении многих серьезных задач, имеющих практическое применение. Так, например, на рис. 1 показан прототип датчика солнечного излучения, сконструированный на базе Arduino, который планируется использовать в первом финском спутнике.



**Рис. 1.** Финляндия планировала запустить свой первый спутник в 2014 году. В этом же году мы сконструировали прототип анализатора солнечного излучения на базе Arduino

## Как читать эту книгу

---

У вас непреодолимое влечение к конструированию новых вещей? Замечательно! С помощью этой книги вы сможете реализовать себя, построив работающий прототип желаемого устройства. Вместо того чтобы часами изучать технические характеристики электронных компонентов, воспользуйтесь описанием уже работающей электрической цепи и простой программы управления микроконтроллерной платформой. В своих проектах вы будете использовать датчики для изучения окружающей среды и определения способов взаимодействия ваших прототипов с объектами в ней. Каждый из проектов будет создаваться из отдельных элементов, зачастую повторяющихся, но, в отличие от детских конструкторов, таких как “Мессано” и “Lego”, раскрывающиеся перед вами возможности будут неисчерпаемыми благодаря Arduino и Raspberry Pi.

Чтобы подобрать для проекта правильный датчик, нужно однозначно определиться с измеряемой характеристикой. Данная книга структурирована так, что в каждом проекте рассматривается отдельный тип датчиков:

- датчик расстояния (глава 3);
- анализаторы дыма и газа (глава 4);
- датчик прикосновения (глава 5);
- датчик движения (глава 6);
- фоторезистор (глава 7);
- акселерометр и гироскоп (глава 8);
- дактилоскопический сканер (глава 9);
- датчик электрического и магнитного полей (глава 10);
- микрофон (глава 11);
- климатические датчики (глава 12).

Вы также можете использовать книгу как кладезь новых идей для будущих проектов, поэтому после прочтения не прячьте ее далеко.

Детально принципы взаимодействия датчиков с микроконтроллерными платформами Arduino и Raspberry Pi рассматриваются при описании кодов соответствующего программного решения. Весь программный код, предназначенный для управления прототипами устройств, которые описаны в книге, полностью законченный, что позволяет сразу же применять его для решения практических задач. Поняв принципы управления датчиками в микроконтроллерных системах, вы легко сможете управиться с любым сенсорным оборудованием, даже не описанным в книге, или тем, что еще только будет производиться в обозримом будущем.

Выбирая датчики, используемые в проектах книги, мы старались охватить самый широкий спектр устройств. При этом к критериям отбора не относилась сложность применяемого оборудования. Таким образом, вы познакомитесь с готовыми решениями для Arduino и Raspberry Pi различного уровня сложности.

В каждой главе вы найдете тематические разделы, посвященные описанию применяемого оборудования, принципов управления им в микроконтроллерных системах, а также рассмотрению автономно работающих прототипов устройств, в которых применяются вышеперечисленные датчики и анализаторы.

1. **Эксперимент.** Этот раздел содержит краткое описание датчика и принципов его подключения к Arduino и Raspberry Pi. Информация данных разделов впоследствии будет использована в практических проектах, демонстрирующих возможности датчиков и очерчивающих область их практического применения.
2. **Эксперимент в окружающей среде.** Этот раздел посвящен описанию проектов, демонстрирующих принципы управления датчиками в реальной рабочей среде. Внимательно изучив весь приведенный в нем материал, вы узнаете, как датчики анализируют физическое пространство и представляют его характеристики микроконтроллеру.
3. **Пилотный проект.** Датчики изучать намного интересней, если знать, как обрабатывать получаемую от них информацию. В данных разделах описываются проекты законченных устройств, базирующихся на обработке данных, поступающих с одного датчика. Кроме того, в них вы узнаете о принципах обработки выходных сигналов и использования их для управления такими устройствами, как RGB-светодиоды, электронная бумага и сервоприводы. Пилотные проекты — это ваша отправная точка в удивительный мир собственных разработок.

## Ввод, обработка и вывод данных

---

Работоспособность робота или другого сконструированного вами устройства обеспечивается благодаря реализации трех базовых принципов управления данными: ввод, обработка и вывод.

1. Поскольку большинство создаваемых нами прототипов устройств не оснащаются клавиатурой и мышью, то входные данные микроконтроллерная система будет получать от датчиков. Просмотрите оглавление к книге, чтобы ознакомиться с их разнообразием. Учтите, что в реальности типов датчиков существует намного больше, чем мы смогли описать в книге. Вы будете приятно удивлены, узнав, как много можно узнать об окружающем мире, изучив его с помощью специальных анализаторов.
2. Обработка данных осуществляется в программе, выполняемой микроконтроллером, который установлен на плате Arduino или Raspberry Pi. В программном коде определяются все основные действия по управлению данными и способы их последующей передачи исполняющим устройствам.
3. Вывод данных обычно сопровождается изменением отдельных характеристики среды, в которой функционирует устройство. Вы можете зажечь светодиод, включить сервопривод или воспроизвести звук. Это типичные для платформ Arduino и Raspberry Pi способы вывода информации, хотя существуют и другие методы, менее распространенные, но не менее эффективные в контексте решаемой задачи (например, тактильная отдача, реализуемая вибродвигателем, вывод графической информации на электронной бумаге или включение целого бытового прибора).

## Интерфейсы

---

Интерфейс определяет способ взаимодействия датчика с микроконтроллерной платой, такой как Arduino или Raspberry Pi. Интерфейс устанавливает способ физического подключения датчика к системе и методы программного управления им для получения параметров среды.

Несмотря на существование огромного количества датчиков всевозможных типов, количество протоколов обмена данными с ними весьма ограничено. С ними вы познакомитесь далее при детальном рассмотрении готовых проектов. Здесь же мы лишь вкратце остановимся на их представлении.

Базовые интерфейсы обмена данными с датчиками описаны в табл. 1.

### *Цифровые датчики*

Некоторые датчики, к которым относится и кнопка, имеют два состояния: “Вкл.” и “Выкл.” Такие устройства просты в управлении. Включенное состояние характеризуется подачей сигнала высокого уровня (HIGH), передаваемого на входной порт микроконтроллерной системы. Как правило, такой сигнал представлен напряжением 3,3 или 5 В, в зависимости от используемой платформы.

### *Аналоговые датчики*

Аналоговые датчики плавно изменяют свое сопротивление в зависимости от изменения характеристик среды, в которую они помещены (подобным образом работают регуляторы громкости, хотя они ничего не измеряют). В Arduino и Raspberry Pi изменения в сопротивлении представляются падением напряжения, наблюдаемом на датчике. В самом простом случае добиться изменения напряжения в цепи можно с помощью потенциометра, который всего лишь увеличивает или уменьшает свое сопротивление. Управлять потенциометром в Arduino проще простого, а вот в Raspberry Pi вам для этих целей потребуется специальный преобразователь, позволяющий обрабатывать входные аналоговые данные. С аналого-цифровым преобразователем MCP3002, используемым в Raspberry Pi, вы детально познакомитесь в главе 3. В подавляющем большинстве аналоговых датчиков выходной сигнал представлен сопротивлением, поэтому их еще называют резистивными датчиками.

### *Импульсные датчики*

В некоторых датчиках выходной сигнал представляется импульсами определенной ширины или длительности, указывающей количество времени, в течение которого на вход микроконтроллерной системы подается высокое напряжение. Импульсный сигнал считывается функциями `pulseIn()` и `gpio.pulseInHigh()`. Так как управление сигналом осуществляется программными средствами, вам не придется заниматься низкоуровневым управлением микроконтроллерной платформы, в котором задействованы прерывания; эту задачу на себя берет соответствующая программная библиотека.

### *Последовательное соединение*

Как правило, последовательное соединение задействуется устройствами при обмене текстовыми данными. С помощью такого же метода передачи данных компьютер подключается к Arduino через USB-порт. Вы детально ознакомитесь с последовательным соединением в проектах, в которых требуется вывести сообщения на монитор последовательного порта Arduino.

## I<sup>2</sup>C

Интерфейс I<sup>2</sup>C — это популярный промышленный стандарт обмена данными между компьютерными устройствами. Он поддерживается настольными компьютерами и ноутбуками, а нам пригодится при управлении контроллером Wii Nunchuk. К шине I<sup>2</sup>C можно подключить до 128 устройств. В книге мы дважды воспользуемся готовыми решениями и программным кодом для управления датчиками, подключенными к микроконтроллерной системе через I<sup>2</sup>C.

## SPI

Последовательный периферийный интерфейс (Serial Peripheral Interface — SPI) представляет собой еще один промышленный интерфейс обмена данными. Как будет показано далее, он лучше всего подходит для подключения аналого-цифрового преобразователя в Raspberry Pi. Учтите, что создание программного кода с нуля для новых устройств, подключаемых через SPI, требует немало знаний и усилий.

### Ручное программирование

Встречаются ситуации, когда подключаемый к платформе датчик настолько необычен, что ни один из стандартных интерфейсов не обеспечивает его поддержки. В подобных случаях вам придется самостоятельно написать программный код управления им. Это трудоемкий процесс, поскольку в нем управление данными, поступающими с датчика, осуществляется на битовом уровне. Пример ручного программирования вы встретите в главе 12 при рассмотрении проекта управления датчиком влажности.

Изучая работу датчиков, вы вскоре познакомитесь со всеми представленными выше интерфейсами. Если вам не терпится поскорее приступить к созданию собственных устройств, не вдаваясь в коммуникационные подробности управления датчиком, то смело используйте программный код, приведенный в книге, а детальное рассмотрение тонкостей процесса оставьте “на потом”.

**Таблица 1. Интерфейсы подключения датчиков к микроконтроллерным системам**

Интерфейс	Примеры значений	Arduino	Raspberry Pi	Примеры датчиков
Цифровой	0 или 1	<code>digitalRead()</code>	<code>botbook_gpio.read()</code>	Кнопка, переключатель на инфракрасном датчике, датчик наклона, пассивный инфракрасный датчик движения
Аналоговый	5%, 10%, 23 °C	<code>analogRead()</code>	<code>botbook_mcp3002.readAnalog()</code>	Потенциометр, фоторезистор, датчик измерения концентрации алкоголя MQ-3, газовые анализаторы семейства MQ X (дым, углеводороды, CO и т.п.), датчик давления

Интерфейс	Примеры значений	Arduino	Raspberry Pi	Примеры датчиков
Импульсный	20 мс	<code>pulseIn()</code>	<code>gpio.pulseInHigh()</code>	FlexiForce, датчик пламени KY-026, датчик цвета HDJD-S822-QR999, температурный датчик LM35, датчик влажности грунта
Последовательный	A9B3C5B3C5	<code>Serial.read()</code>	<code>pySerial.read()</code>	Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04, акселерометр MX2125
I <sup>2</sup> C	(2,11 g, 0,0 g, 0,1 g), точные значения	<code>Wire.h</code>	<code>smbus</code>	Сканер отпечатков пальцев GT-511C3, датчик радиочастотной идентификации ELB149C5M
SPI	57°, точные значения	Вручную	<code>spidev</code>	Контроллер Wii Nunchuk, акселерометр-гироскоп MPU 6050, датчик атмосферного давления GY65
Пользовательский	53%	Вручную	Вручную	Аналого-цифровой преобразователь MCP3002 Датчик влажности DHT11

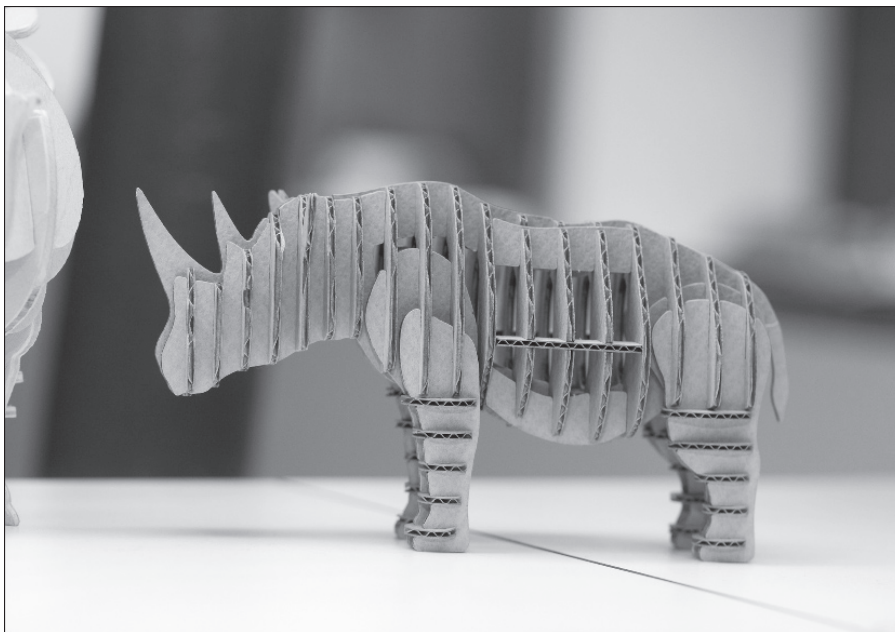
## Самостоятельная работа

Большинству технических изыскателей недостаточно научиться собирать робот или другое функциональное устройство из готового набора компонентов. Разработка и создание такого набора компонентов — вот задача для истинных конструкторов.

Формат книги не предусматривает рассмотрение каждого типа датчиков более чем на одном примере, хотя вам совсем не обязательно в точности следовать приведенным в ней инструкциям. Попробуйте усовершенствовать проекты, воспользовавшись другими материалами и оборудованием.

Что вы скажете об использовании упаковочного картона (рис. 2), искусственного меха (рис. 3) или трехмерной печати (рис. 4)?





**Рис. 2.** *Картонная модель (не наша). Фотография предоставлена художественным центром Ars Electronica, г. Линц (Австрия)*



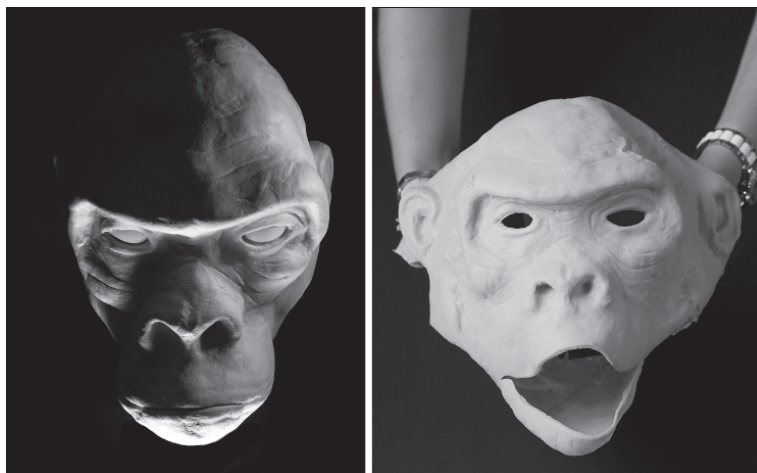
**Рис. 3.** *“Меховой” робот (не наш). Фотография предоставлена художественным центром Ars Electronica, г. Линц (Австрия)*





**Рис. 4.** Странный робот, распечатанный на 3D-принтере (не наш). Фотография предоставлена художественным центром Ars Electronica, г. Линц (Австрия)

Изучение и экспериментирование с новыми технологиями делает процесс конструирования увлекательнее, расширяя ваши познания во многих, казалось бы, сторонних отраслях. Вы, например, невзначай можете освоить технику лепки из глины, отливания форм, не говоря уже о такой рутине, как виртуозное владение паяльником (рис. 5).



**Рис. 5.** Базовая модель, используемая для анимации головы гориллы, и латексная форма морды, полученная на ее основе

Можете попробовать использовать в своих изысканиях старые или выброшенные вещи. Несмотря на свою дешевизну (чаще всего они вообще бесплатны), они сделают ваш прототип совершенно уникальным.

## Приобретение электронных компонентов

---

Если вы привыкли работать только с качественными компонентами, то обращайтесь в известные магазины электроники, поставляющие товары из Европы или США. Самые дешевые комплектующие вы традиционно найдете в магазинах, торгующих электронными компонентами, произведенными в Азии.

Дорожащие своей репутацией магазины торгуют устройствами таких торговых марок, как Maker Shed, SparkFun, Parallax и Adafruit. К слову, Maker Shed — это магазин, принадлежащий издателю данной книги. Компания SparkFun известна своими коммутационными платами, которые требуют от вас навыков работы с паяльником и припоем. Известность компании Parallax принесла Basic Stamp — микроконтроллерная система предыдущего поколения, активно закупаемая производителями электронного оборудования. В активе компании Adafruit огромное количество устройств собственной разработки. На сайтах SparkFun и Adafruit вы найдете всю необходимую информацию о производимом ими оборудовании, включая обучающие занятия по его использованию и важную техническую документацию.

В настоящее время даже крупные торговые сети магазинов электроники не брезгуют продажей микроконтроллерных платформ и компонентов к ним. Чтобы удостовериться в этом, достаточно поискать в каталогах товары по ключевым словам Arduino и Raspberry Pi.

## Соглашения, принятые в этой книге

---

В тексте книги вы встретите такие условные обозначения.

- *Курсивом* выделяются новые понятия, ранее не определенные в тексте.
- Моноширинным шрифтом представляются электронные адреса, включая адреса почтовых ящиков, имена файлов, папок, а также расширения имен файлов. Кроме того, моноширинным шрифтом выделяется любой программный код, как представленный в виде отдельных листингов, так и отдельных ключевых слов. Также моноширинным шрифтом обозначаются команды или любой другой текст, вводимый пользователем с клавиатуры.
- Клавиши и комбинации клавиш, которые следует нажимать при выполнении описанных в книге операций, заключаются в угловые скобки, < >.

---

Таким форматированием в тексте книги выделяются советы, примечания и предупреждения.

---

## Программные коды примеров

---

Файлы примеров, рассматриваемых в книге, можно скачать по такому адресу:

<http://makesensors.botbook.com>

Для распаковки файла архива дважды щелкните на нем или щелкните правой кнопкой мыши и выберите из контекстного меню команду Извлечь (Extract).

Кроме того, все файлы доступны также на сайте Издательского дома “Вильямс”:



[go.dialektika.com/MakeSensors](http://go.dialektika.com/MakeSensors)

Эта книга поможет вам при реализации собственных проектов. Вы всегда сможете использовать приведенный здесь программный код в собственных проектах и документации к устройствам. Для этого вам не обязательно связываться с нами и просить разрешения на применение файлов примеров в собственных решениях, за исключением случаев воспроизводства больших фрагментов книги в коммерческих целях. Например, написание собственной программы с использованием программного кода из примеров книги не требует специального разрешения с нашей стороны. А вот распространение дисков с файлами примеров или публикация их в Интернете без специального уведомления с нашей стороны запрещена. При этом размещение цитат из книги или фрагментов программного кода в собственных постах вполне легально. А вот добавление обширных фрагментов программного кода, написанного нами для своих проектов, в документации к вашим устройствам требует нашего разрешения.

Мы будем благодарны, если в своих проектах или работах вы будете ссылаться на нашу книгу. Но делать это вам не обязательно, хотя нам и будет приятно об этом знать. В ссылках лучше всего указывать полное название издания, всех его авторов и ISBN.

## **Ждем ваших отзывов!**

---

Вы, читатель этой книги, и есть главный ее критик. Мы ценим ваше мнение и хотим знать, что было сделано нами правильно, что можно было сделать лучше и что еще вы хотели бы увидеть изданным нами. Нам интересны любые ваши замечания в наш адрес.

Мы ждем ваших комментариев и надеемся на них. Вы можете прислать нам бумажное или электронное письмо либо просто посетить наш сайт и оставить свои замечания там. Одним словом, любым удобным для вас способом дайте нам знать, нравится ли вам эта книга, а также выскажите свое мнение о том, как сделать наши книги более интересными для вас.

Отправляя письмо или сообщение, не забудьте указать название книги и ее авторов, а также свой обратный адрес. Мы внимательно ознакомимся с вашим мнением и обязательно учтем его при отборе и подготовке к изданию новых книг.

Наши электронные адреса:

E-mail: [info@williamspublishing.com](mailto:info@williamspublishing.com)

WWW: <http://www.williamspublishing.com>

Наши почтовые адреса:

в России: 127055, г. Москва, ул. Лесная, д. 43, стр. 1

в Украине: 03150, Киев, а/я 152