

# Оглавление

<b>Глава 1. Ознакомительная</b> .....	<b>1</b>
1.1. О чем расскажет эта книга? .....	1
1.2. Электрическая безопасность — это важно! .....	4
1.3. Обратная связь .....	4
<b>ЧАСТЬ I. НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММЫ</b> .....	<b>5</b>
<b>Глава 2. Платформы Arduino и ESP8266</b> .....	<b>7</b>
2.1. Платы контроллеров Arduino.....	7
2.1.1. Arduino Nano.....	8
2.1.2. Arduino Mini.....	9
2.1.3. Arduino Uno R3 .....	10
2.1.4. Arduino Mega 2560 R3.....	11
2.2. Однокристалльная система ESP8266 .....	12
2.2.1. Основные технические характеристики микросхемы ESP8266 .....	12
2.2.2. Модули и платы ESP8266 .....	13
2.2.3. Особенности эксплуатации ESP8266.....	15
2.3. Среда разработки Arduino IDE .....	16
2.3.1. Установка Arduino IDE .....	16
Установка для ОС Windows .....	16
Установка альтернативных версий IDE .....	16
Установка для ОС Linux .....	16
Установка для macOS .....	17
2.3.2. Установка библиотек Arduino .....	18
Автоматическая установка библиотеки .....	18
Установка библиотеки вручную .....	18
2.3.3. Установка расширения ESP8266 для Arduino IDE .....	19
2.3.4. Особенности программирования ESP8266 .....	19
Порты и прерывания.....	19
Организация задержек.....	20
Поддержка интерфейсов I <sup>2</sup> C и SPI .....	20

<b>Глава 3. Интерфейсы обмена данными .....</b>	<b>21</b>
3.1. Согласование логических уровней.....	22
3.2. Последовательный интерфейс UART .....	23
3.2.1. Конвертер интерфейсов USB-UART .....	24
3.2.2. Встроенный класс <i>Serial</i> .....	26
Проблемы и ошибки при работе с последовательным портом .....	27
3.2.3. Программные порты <i>SoftwareSerial</i> .....	27
3.2.4. Терминал последовательного порта Terminate.....	28
3.3. Последовательная шина I <sup>2</sup> C.....	29
3.3.1. Библиотека <i>Wire</i> .....	30
3.4. Последовательная шина 1-Wire.....	33
3.4.1. Библиотека <i>OneWire</i> .....	34
3.5. Последовательный интерфейс SPI .....	36
3.5.1. Библиотека <i>SPI</i> .....	37
3.6. Подключение по Bluetooth.....	39
3.6.1. Модули Bluetooth HC-06 и HC-05 .....	40
Если модуль не отвечает на команду AT.....	42
Настройка модуля HC-05 .....	42
3.6.2. Настройка подключения Bluetooth в Windows 10 .....	43
Адаптер USB-Bluetooth .....	44
Включение адаптера Bluetooth и добавление устройства.....	45
3.6.3. Утилита Bluetooth Serial Terminal .....	48
<b>Глава 4. Подключение Arduino к сети Интернет.....</b>	<b>50</b>
4.1. Подключение к проводной сети Ethernet.....	50
4.1.1. Модуль Ethernet ENC28J60.....	51
4.1.2. Шилд Ethernet для Arduino Uno и Arduino Mega .....	55
4.2. Беспроводное подключение по Wi-Fi .....	58
4.2.1. Подключение контроллера ESP8266 к сети Wi-Fi.....	59
4.2.2. Сетевой шилд Dragino Yún.....	61
Питание шилда Dragino Yún .....	62
Функции кнопки сброса Dragino Yún.....	62
Добавление платы Dragino Yún в Arduino IDE.....	62
Подключение шилда к компьютеру для настройки .....	63
Определение типа базовой платы .....	65
Загрузка скетча через сеть из Arduino IDE .....	66
Подключение к Wi-Fi и вывод сообщений в консоль Linux .....	67
<b>Глава 5. Визуализация данных.....</b>	<b>70</b>
5.1. Построение графиков на компьютере.....	70
5.1.1. Встроенный плоттер Arduino IDE.....	71
5.1.2. Графопостроитель Serial Port Plotter.....	73
5.1.3. Графопостроитель FlexiPlot.....	75
Дополнительные настройки рабочего окна графика .....	77
Встроенный терминал .....	78

Рисование столбчатых диаграмм.....	78
Динамические диаграммы.....	80
5.1.4. Arduino плюс Excel — сбор и хранение данных.....	81
Установка расширения на компьютер .....	82
Запуск расширения .....	82
Рабочее окно и органы управления .....	83
Формат строки данных Arduino.....	84
Команды настройки и передачи данных.....	85
Специальные команды и управление .....	85
Рабочая книга Excel .....	87
Прочие команды.....	87
Демонстрационный скетч PLX-DAQ.....	88
5.2. Онлайн-приборная панель Adafruit IO.....	91
5.2.1. Учетная запись и потоки данных .....	92
Получение главного ключа .....	92
Создание групп и потоков.....	93
Настройка групп и потоков.....	95
5.2.2. Создание приборной панели.....	96
5.2.3. Установка библиотек .....	100
5.2.4. Подключение к сервису Adafruit IO по Wi-Fi.....	101
5.2.5. Подключение к сервису Adafruit IO по Ethernet.....	104
5.3. Дисплейные модули в проектах Arduino .....	107
5.3.1. Графические библиотеки Arduino.....	108
Графическое ядро Adafruit GFX .....	109
Система координат дисплея.....	109
Цвет пиксела.....	110
Графические примитивы .....	111
Поворот экрана.....	114
5.3.2. Дисплейный модуль OLED 128×64 .....	115
Подключение OLED-дисплея к плате Arduino .....	116
Библиотека OLED-дисплея .....	117
5.3.3. Дисплейные модули TFT SPI 128×160 и 240×320.....	119
Подключение к плате Arduino дисплея TFT SPI 128×160.....	121
Назначение выводов дисплея TFT SPI 128×160.....	121
Пример кода с библиотекой <i>Adafruit ST7735</i> .....	122
Подключение к плате Arduino дисплея TFT SPI 240×320.....	123
Назначение выводов дисплея TFT SPI 240×320.....	124
Пример кода с библиотекой <i>Adafruit ILI9341</i> .....	124
5.3.4. Универсальный дисплейный шилд .....	125
<b>ЧАСТЬ II. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА.....</b>	<b>127</b>
<b>Глава 6. Аналоговый оптический пульсометр.....</b>	<b>129</b>
6.1. Принцип действия оптического пульсометра .....	129
6.2. Погрешности измерения ЧСС оптическим методом.....	132

6.3. Простой оптический сенсор.....	133
6.4. Пульсометр с OLED-дисплеем .....	138
6.5. Пульсометр с цветным TFT-дисплеем.....	141
6.6. Задания для самостоятельной работы.....	145
6.7. Опыты с пульсометром .....	145
6.7.1. Опыт с наложением жгута.....	145
6.7.2. Опыт с реакцией капилляров на температуру.....	146
6.7.3. Опыт с частотой и глубиной дыхания (рефлекс Геринга) .....	146
6.7.4. Рефлекс Ортнера .....	146
6.7.5. Клиностатический рефлекс Даниелополу .....	146
6.7.6. Ортостатический рефлекс Превеля.....	146
6.7.7. Опыт с физической нагрузкой.....	147
6.8. Информация для любознательных .....	147
<b>Глава 7. Шагомер на акселерометре ADXL335.....</b>	<b>148</b>
7.1. Интегральный аналоговый акселерометр ADXL335.....	148
7.2. Подключение ADXL335 к плате Arduino Uno .....	149
7.3. Подключение шагомера к плоттеру FlexiPlot по Bluetooth.....	152
7.4. Простой шагомер с OLED-дисплеем .....	157
7.4.1. Определение средней длины шага.....	158
7.4.2. Определение расхода калорий .....	158
7.5. Задания для самостоятельной работы.....	161
<b>Глава 8. Бесконтактное измерение температуры тела.....</b>	<b>162</b>
8.1. Принцип действия и устройство инфракрасного пирометра.....	163
8.2. Подключение сенсора MLX90615 к плате Arduino .....	164
8.2.1. Проверка работоспособности сенсора.....	165
8.3. Особенности бесконтактного измерения температуры.....	166
8.4. Пирометр с OLED-дисплеем и настройкой КИ .....	168
8.5. Задания для самостоятельной работы.....	172
<b>Глава 9. Измеритель интенсивности ультрафиолетового излучения .....</b>	<b>173</b>
9.1. Диапазоны и свойства ультрафиолетового излучения .....	173
9.2. Устройство и принцип работы сенсора VEML6075 .....	175
9.3. Индекс УФ-излучения.....	177
9.4. Измеритель интенсивности УФ-излучения с OLED-дисплеем.....	178
9.4.1. Задания для самостоятельной работы .....	182
9.5. Онлайн-мониторинг солнечной активности.....	182
9.6. Опыты с измерителем УФ-излучения.....	188
9.6.1. Опыт с измерением УФ-проницаемости оконных стекол .....	189
9.6.2. Опыт с измерением УФ-проницаемости пластиков.....	190
9.6.3. Опыт с отражением УФ-излучения от песка и воды .....	190
9.6.4. Опыт с проверкой качества солнцезащитных очков.....	190
9.6.5. Опыт с проверкой качества солнцезащитных кремов.....	191

<b>Глава 10. Измерение электрической активности кожи.....</b>	<b>192</b>
10.1. Что такое электрическая активность кожи? .....	192
10.2. Модули измерителя ЭАК.....	193
10.3. Самодельные контакты сенсора ЭАК.....	194
10.4. Подключение модуля измерителя ЭАК к плате Arduino Uno R3 .....	196
10.4.1. Электрическая безопасность — это важно! .....	196
10.4.2. Подключение к аналоговому порту .....	196
Пример чтения графика ЭАК.....	199
10.4.3. Подключение к шине SPI.....	201
Нужен ли TFT-дисплей для измерителя ЭАК?.....	204
10.5. Опыты с измерителем ЭАК .....	205
10.5.1. Опыт с глубоким дыханием.....	205
10.5.2. Опыт с мускульным напряжением.....	205
10.5.3. Опыт с воздействием температуры.....	205
10.5.4. Опыт с расположением электродов.....	206
10.5.5. Опыт с эффектом расслабления .....	206
10.5.6. Опыт с воздействием боли .....	206
10.5.7. Опыт с воздействием страха.....	206
10.5.8. Опыт с адаптацией и восстановлением .....	206
10.5.9. Опыт со словами и ассоциациями.....	207
10.5.10. Опыт с тревожным ожиданием .....	207
10.5.11. Опыт с тревожной реакцией.....	207
10.5.12. Опыт с мыслительным усилием.....	208
10.5.13. Опыт с загадыванием числа .....	208
10.5.14. Опыт с обусловленным откликом.....	208
<b>Глава 11. Цифровой пульсоксиметр.....</b>	<b>209</b>
11.1. Принцип работы и устройство сенсора MAX30102 .....	210
11.1.1. Устройство микросхемы MAX30102 .....	212
11.1.2. Основные технические характеристики пульсоксиметра MAX30102.....	213
11.2. Подключение MAX30102 к плате Arduino Uno .....	214
11.2.1. Установка библиотеки пульсоксиметра .....	215
11.2.2. Проверка и настройка пульсоксиметра .....	215
11.2.3. Встроенный датчик приближения.....	218
11.3. Измеритель частоты пульса и сатурации крови.....	220
<b>Глава 12. Датчик общего качества воздуха .....</b>	<b>224</b>
12.1. Устройство и характеристики сенсора CCS811 .....	224
12.1.1. Основные технические характеристики датчика качества воздуха CCS811 .....	226
12.1.2. Внимание: особенности эксплуатации сенсора .....	227
12.2. Модуль расширения CCS811 .....	228
12.2.1. Назначение выводов модуля .....	228
12.2.2. Установка библиотеки Arduino .....	229
12.3. Подключение и проверка модуля.....	229

12.4. Монитор качества воздуха с OLED-дисплеем .....	231
12.4.1. Опыты с измерителем качества воздуха .....	234
12.4.2. Задание для самостоятельной работы над проектом.....	234
12.5. Онлайн-мониторинг качества воздуха.....	235
12.5.1. Проблема совместимости ESP8266 и CCS811 .....	237
12.5.2. Задание для самостоятельной работы .....	241
<b>Глава 13. Измерение пыльности и дымности воздуха.....</b>	<b>242</b>
13.1. Датчик пыли SHARP GP2Y1014AU0F .....	243
13.1.1. Основные технические характеристики датчика пыли GP2Y1014AU0F .....	244
13.1.2. Воздушный поток через датчик .....	245
13.1.3. Управление подсветкой .....	245
13.1.4. Назначение выводов датчика пыли.....	246
13.1.5. Монтаж датчика пыли.....	246
13.2. Подключение датчика пыли к плате Arduino .....	247
13.3. Демонстрационный скетч и калибровка датчика.....	248
13.3.1. Начальное напряжение и калибровка .....	251
13.4. Определение наличия дыма в воздухе .....	251
13.4.1. Построение диаграммы в таблице Excel .....	254
13.4.2. Задания для самостоятельной работы .....	260
<b>Глава 14. Шагомер на цифровом акселерометре LIS2DS12 .....</b>	<b>261</b>
14.1. Назначение и функции акселерометра LIS2DS12.....	262
14.1.1. Основные технические характеристики акселерометра LIS2DS12 .....	262
14.1.2. Встроенные функции акселерометра LIS2DS12.....	262
14.2. Модуль акселерометра LIS2DS12 .....	263
14.2.1. Назначение выводов модуля .....	264
14.3. Подключение и проверка модуля.....	264
14.4. Шагомер с OLED-дисплеем.....	268
14.5. Задания для самостоятельной работы.....	272
<b>Глава 15. Трехточечный электрокардиограф .....</b>	<b>273</b>
15.1. Фазы кардиограммы .....	274
15.2. Назначение и расположение электродов .....	275
15.3. Модуль электрокардиографа AD8232.....	276
15.3.1. Назначение выводов модуля ЭКГ .....	277
15.3.2. Электрическая безопасность — это важно! .....	279
15.3.3. Подключение кардиографа к Arduino Uno.....	279
15.4. Кардиомонитор с цветным TFT-дисплеем .....	283
15.5. Задания для самостоятельной работы.....	287
<b>Глава 16. Измеритель скорости пульсовой волны.....</b>	<b>288</b>
16.1. Схема и макет измерительного устройства.....	290
16.2. Измерение скорости пульсовой волны .....	296
16.3. Задания для самостоятельной работы.....	297

<b>Глава 17. Измерение биопотенциала мышц .....</b>	<b>298</b>
17.1. Изготовление и подключение электродов для миографии .....	299
17.2. Измерение биопотенциала бицепса .....	300
17.3. Миография в прикладных проектах .....	303
17.3.1. Переменный волнообразный сигнал.....	304
17.3.2. Нестабильный сигнал с помехами .....	304
17.3.3. Необходимость значительных аппаратных и вычислительных ресурсов .....	304
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>307</b>
<b>Приложение 1. Содержимое электронного архива .....</b>	<b>309</b>
<b>Приложение 2. Источники питания для проектов Arduino.....</b>	<b>312</b>
П2.1. Автономное питание макетов и устройств .....	313
П2.1.1. Источник питания на одной батарее AAA .....	314
П2.1.2. Заряжаемый источник питания на литий-полимерной батарее.....	315
Модуль повышающего преобразователя .....	316
Модуль зарядного устройства Li-Po.....	316
Литий-полимерный аккумулятор.....	317
Схема подключения и монтаж .....	318
<b>Приложение 3. Коэффициенты излучения поверхности различных материалов .....</b>	<b>320</b>
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>323</b>

# ГЛАВА 1



## Ознакомительная

Уважаемые читатели!

Эта книга посвящена, пожалуй, самым ценным для нас объектам исследований — человеческому организму и окружающей среде, в которой он обитает.

Сегодня можно без труда и по доступной цене приобрести современные интегральные сенсоры, которые совсем недавно применялись только в сложном профессиональном оборудовании. Достаточно подключить эти сенсоры к плате Arduino или ESP8266 — и можно проводить увлекательные и безопасные опыты с измерением параметров человеческого организма и окружающей среды!

Мы постарались подготовить для вас книгу, которая станет полным руководством по разработке любительских проектов: начиная от выбора подходящей платы Arduino и заканчивая средствами визуализации результатов измерений. Если вы начинающий любитель или разработчик, то материал глав *первой части книги* послужит вам настольным справочником при работе над различными проектами. Опытные же разработчики найдут во *второй части книги* полезные примеры использования современных сенсоров и советы по решению проблем.

При подготовке описаний проектов автор намеренно оставлял читателям пространство для самостоятельного творчества и размышлений. Большинство описаний дополнено заданиями для самостоятельной работы и перечнем опытов.

### 1.1. О чем расскажет эта книга?

*Первая часть книги* — подготовительная. Опытные пользователи могут пропустить отдельные главы этой части и обращаться к ним по мере необходимости.

- ◆ Во *второй главе* мы знакомим читателя с наиболее популярными платами платформ Arduino и ESP8266 и рассказываем, как установить среду разработки Arduino IDE и добавить в нее различные библиотеки и расширения.
- ◆ В *третьей главе* мы рассказываем о различных протоколах и шинах обмена данными. Вы будете подключать к плате контроллера сенсоры и модули расширения, которые используют разные шины данных: I<sup>2</sup>C, SPI, 1-Wire. Следует



знать, как работают эти шины и как реализовать обмен данными в коде программы. Отдельно говорится о настройке беспроводного соединения с компьютером по Bluetooth.

- ◆ В *четвертой главе* мы говорим о различных способах подключения плат Arduino и ESP8266 к сети Интернет для передачи данных на облачный сервер или в другие онлайн-сервисы.
- ◆ В *пятой главе* рассказано о том, как простыми средствами визуализировать данные. Это важный этап работы над проектом! На самом деле исследования и опыты не заканчиваются после получения данных от сенсора. Сами по себе эти данные ничего не значат до тех пор, пока они не обработаны и не представлены в доступном для человека виде. Зачастую получателем данных является неподготовленный пользователь, и ему нужно показать понятные графики, шкалы и числа.

*Вторая часть книги* содержит описание теоретических основ предметов измерений, практических проектов и опытов с макетами измерительных устройств.

- ◆ В *главе 6* рассказано о физических принципах измерения частоты пульса оптическим методом и приведено описание простого пульсометра на основе аналогового сенсора. Читатель изготовит макет портативного пульсометра с OLED-дисплеем, а также более продвинутый пульсометр с цветным дисплеем.
- ◆ В *главе 7* на примере простого аналогового шагомера рассказано о том, как разрабатываются устройства мониторинга. Читатель научится анализировать «сырые» результаты измерений и на их основе создавать программу для обработки полученных данных. В результате получится простой и надежный шагомер с OLED-дисплеем.
- ◆ В *главе 8* мы изучаем физические принципы бесконтактного измерения температуры и создаем простой бесконтактный термометр-пирометр для дистанционного измерения температуры тела и окружающих предметов.
- ◆ В *главе 9* мы продолжаем заниматься измерением интенсивности оптических излучений. Мы обсудим, какое влияние на человеческий организм оказывает ультрафиолетовое излучение с различной длиной волны, и построим измеритель интенсивности излучения в диапазонах А и В. Затем мы подключим измеритель к сети Интернет и создадим онлайн-приборную панель для дистанционного мониторинга интенсивности излучения.
- ◆ В *главе 10* мы изучаем измерение электрической активности кожи и учимся расшифровывать результаты. Это очень увлекательная тема — ведь именно измеритель электрической активности кожи лежит в основе знаменитого и слегка таинственного «детектора лжи». Описание проекта дополнено большим перечнем опытов — включая эксперименты, которые придуманы профессиональными психологами. При наличии определенного навыка исследователь-любитель сможет по форме графика на дисплее компьютера угадывать слова, предметы и события, о которых думает подопытный.
- ◆ В *главе 11* мы возвращаемся к теме оптической пульсометрии, но теперь будем измерять уровень насыщения крови кислородом. Как обычно, перед началом

работы с макетом познакомимся с физическими принципами исследуемого явления. В отличие от проекта из *главы 6*, в этом проекте использован современный интегральный сенсор для профессионального оборудования.

- ◆ В *главе 12* рассказано об измерении общего качества воздуха и углеродного эквивалента. Это универсальные параметры, которые характеризуют общий уровень загрязненности воздуха органическими примесями и степень вреда окружающей среде из-за парникового эффекта. Прибор, макет которого мы построим, незаменим для контроля безопасности вдыхаемого воздуха, особенно в производственных помещениях и вблизи химических предприятий. Для этого проекта также предусмотрено подключение к сети Интернет и удаленный мониторинг через онлайн-панель.
- ◆ В *главе 13* мы продолжаем исследовать качество воздуха и приступаем к работе над проектом измерителя концентрации частиц пыли и дыма в окружающем нас пространстве. В описании этого проекта вновь приведен пример разработки прошивки устройства на основе анализа «сырых» данных.
- ◆ В *главе 14* мы возвращаемся к проекту шагомера, но за основу берем современный интегральный акселерометр со встроенным сигнальным процессором. Этот сенсор оснащен встроенными функциями цифровой обработки сигнала и подсчета количества шагов. Внешнему контроллеру достаточно лишь прочитать готовое значение из регистра счетчика и отобразить его на дисплее. Проект наглядно демонстрирует возможности современных интегральных сенсоров.
- ◆ В *главе 15* мы изучаем электрокардиографию. Благодаря наличию специальной микросхемы электрокардиографа, теперь можно даже в домашних условиях изготовить простой кардиомонитор на основе контроллера Arduino и недорогого модуля расширения.
- ◆ В *главе 16* мы объединяем измеритель частоты пульса из *главы 6* с кардиомонитором из *главы 15* и получаем измеритель скорости пульсовой волны. Это важный параметр, характеризующий состояние сердечно-сосудистой системы человека. Обычно для измерений применяется сложное лабораторное оборудование, но мы наглядно продемонстрируем, что базовые измерения можно выполнить даже в домашних условиях при помощи платформы Arduino и модулей расширения.
- ◆ В *главе 17* мы изучаем технологию измерения биологических потенциалов, возникающих при работе мышц человеческого тела. В качестве измерительного устройства мы используем модуль электрокардиографа, с которым работали в *главе 15*. Несмотря на кажущуюся простоту проекта, вычислительные требования к проекту лежат на пределе возможностей платформы Arduino, поэтому мы можем выполнить только простые измерения, а для дальнейшего развития проекта необходимо перейти на более мощную платформу.

Исходные коды программ (листинги), приведенные в книге, можно найти в сопровождающем ее электронном архиве (см. *приложение 1*). Электронный архив выложен на FTP-сервер издательства «БХВ-Петербург» по адресу: <ftp://ftp.bhv.ru/9785977540681.zip>. Ссылка на архив доступна и со страницы книги на сайте [www.bhv.ru](http://www.bhv.ru).

В *приложении 2* приведены данные об источниках питания для проектов Arduino, а в *приложении 3* — таблица коэффициентов излучения поверхности различных материалов.

## 1.2. Электрическая безопасность — это важно!

Все устройства и опыты, о которых рассказано в книге, абсолютно безопасны для здоровья. Напряжение питания всех устройств не превышает 5 вольт. Поэтому работать с макетами устройств могут даже школьники младшего возраста.

Тем не менее при работе с устройствами и макетами, подключенными к сетевому источнику питания, в том числе при подключении к стационарному компьютеру по USB, существует некоторая опасность поражения электрическим током. Это может случиться при определенном стечении обстоятельств, связанных с неисправностью заземления в здании или повреждением изоляции в источнике питания.

Еще опаснее ситуация, когда из-за ошибок монтажа электропроводки линия «фазы» в розетке оказывается подключенной к заземляющему выводу розетки, а устройство защитного отключения в домашнем электрощитке отсутствует. В этом случае на корпусе компьютера и на общем проводе макета может присутствовать полное напряжение 220 вольт относительно заземленных предметов.

Работая над проектами из этой книги, вы будете подключать к своему телу измерительные электроды, которые обеспечивают очень хороший контакт с кожей. Особенно важно, что, экспериментируя с электрокардиографом, вы будете подключать электроды непосредственно в области сердца. В такой ситуации нельзя полагаться на исправность заземления и правильность монтажа электросети в квартире или лаборатории! Необходимо обеспечить надежную гальваническую развязку между макетом устройства и компьютером. Разумеется, если вы подключаете макет устройства к ноутбуку с батарейным питанием, дополнительная развязка не нужна. Но если вы работаете на настольном компьютере с сетевым питанием, то для обмена данными с компьютером используйте беспроводное соединение по Bluetooth, а устройство питайте от батарейного источника питания.

**Итак, вот основные правила электробезопасности при работе с устройствами, электроды которых подключаются непосредственно к телу человека:**

- 1. Организуйте беспроводное соединение по Bluetooth.**
- 2. Используйте автономное питание от батарейного источника.**
- 3. Перед подключением провода USB для записи прошивки в контроллер Arduino отключите электроды от тела!**

## 1.3. Обратная связь

Автор и редакторы издательства будут признательны за ваши отзывы, советы и замечания по содержанию этой книги. Мы обязательно учтем их при подготовке следующих изданий. Пишите по адресу [mail@bhv.ru](mailto:mail@bhv.ru) или непосредственно автору по адресу [valeriy.yatsenkov@gmail.com](mailto:valeriy.yatsenkov@gmail.com).



# ЧАСТЬ I

## Необходимое оборудование и программы

- Глава 2. Платформы Arduino и ESP8266
- Глава 3. Интерфейсы обмена данными
- Глава 4. Подключение Arduino к сети Интернет
- Глава 5. Визуализация данных

## ГЛАВА 2



# Платформы Arduino и ESP8266

Как вы думаете, почему относительно несложные и маломощные микроконтроллерные платы Arduino и ESP8266 приобрели невероятную всемирную популярность?

Разумеется, низкая цена имеет свое значение. Но все-таки основная причина популярности состоит в том, что центральная плата — мы будем называть ее *«контроллер»* — является универсальным вычислителем, к которому можно без труда подключить *модули расширения*, которые выполняют различную работу.

Некоторые модули расширения устроены сложнее, чем контроллер. Но даже в этом случае начинающему разработчику достаточно потратить несколько минут на соединение модуля с контроллером, чтобы получить работающее устройство. Затем можно приступать к увлекательным экспериментам, попутно изучая принцип работы различных сенсоров и прочих периферийных устройств.

Если собрать вместе платы, модули, описания, исходные коды, язык и среду программирования, то получится *техническая платформа*. На основе платформы разработчики создают свои проекты и могут быть уверены в совместимости модулей и программ внутри одной платформы.

Среди начинающих разработчиков особенно популярны две платформы: Arduino на основе микроконтроллеров Atmel и ESP8266 на основе системы на чипе ESP8266 со встроенным блоком Wi-Fi. Эти платформы во многом взаимно совместимы на уровне исходного кода и модулей расширения.

О работе с современными модулями расширения рассказано в следующих главах книги. А сейчас приглашаем новых пользователей Arduino ближе познакомиться со средой разработки Arduino IDE и аппаратной частью платформ Arduino и ESP8266.

## 2.1. Платы контроллеров Arduino

Для большинства любительских проектов начального и среднего уровня, включая проекты из этой книги, достаточно приобрести одну из трех недорогих плат: Arduino Nano, Arduino Uno или Arduino Mini. Все три платы реализованы на микроконтроллере ATmega328. При использовании любой из этих плат нет необходимо-

сти вносить изменения в исходные коды программ или в схему устройства — достаточно подключить соединительные провода к выводам контроллера с нужными наименованиями в соответствии со схемой проекта.

Если ресурсов микроконтроллера ATmega328 не хватает для вашего проекта, воспользуйтесь платой Arduino Mega 2560 R3, созданной на основе более мощного микроконтроллера ATmega2560. В этом случае могут потребоваться незначительные изменения исходного кода скетчей.

Схемы расположения выводов всех упомянутых в книге плат несложно найти в Интернете, выполнив в справочной системе соответствующий запрос.

### 2.1.1. Arduino Nano

Контроллер Arduino Nano (рис. 2.1) — это «рабочая лошадка» любителей электроники. С обратной стороны платы установлены линейный стабилизатор +5 В и конвертер USB-UART. Микросхема конвертера содержит встроенный стабилизатор +3,3 В. Этим напряжением можно питать внешние трехвольтовые модули с током потребления до 50 мА. Преимуществами этой версии являются компактность и возможность установки непосредственно в безопасную макетную плату.



Рис. 2.1. Плата Arduino Nano

#### Основные технические характеристики платы Arduino Nano

- ◆ Контроллер: ATmega328P
- ◆ Рабочее напряжение: 5 В
- ◆ Внешнее питание: 7...12 В
- ◆ Тактовая частота: 16 МГц
- ◆ Цифровые порты: 14 (из них 6 ШИМ)
- ◆ Аналоговые входы: 8 (10 битов АЦП)
- ◆ Предельный ток порта: 40 мА
- ◆ Память программ: 32 Кбайт (бутлоадер 0,5 Кбайт)

- ◆ Память SRAM (ОЗУ): 2 Кбайт
- ◆ Память EEPROM: 1 Кбайт
- ◆ Размеры: 45×18 мм
- ◆ Вес: 5 г



### **ВНИМАНИЕ!**

Внешнее нерегулируемое напряжение питания в диапазоне +7...+12 В следует подавать только на вход **VIN**! При этом на выводах **5V** и **3.3V** появятся соответствующие стабилизированные напряжения, которые можно использовать для питания внешних элементов схемы с суммарным потребляемым током до 50 мА. Стабилизированное внешнее напряжение +5 В можно подавать напрямую на вывод **5V**.

## 2.1.2. Arduino Mini

Arduino Mini (рис. 2.2) — это вариант платы с минимальным количеством внешних компонентов. Она не содержит конвертер USB-UART, поэтому для соединения с компьютером и программирования понадобится качественный внешний конвертер (см. *разд. 3.2.1* и *4.1.1*). Официальная плата выпускается в двух вариантах рабочего напряжения и тактовой частоты: 5 В (16 МГц) и 3,3 В (8 МГц). От рабочего напряжения зависит микросхема стабилизатора, установленная на плате. Китайские производители выпускают несколько вариантов плат, которые различаются расположением выводов.

Плату Arduino Mini удобно монтировать непосредственно на поверхность печатной платы готового устройства. В сочетании с низкой ценой это делает плату незамеченным компонентом многих любительских и мелкосерийных проектов.

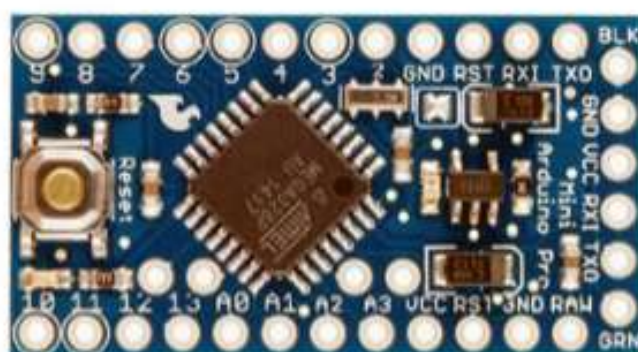


Рис. 2.2. Плата Arduino Pro Mini

### Основные технические характеристики платы Arduino Mini

- ◆ Контроллер: ATmega328P
- ◆ Рабочее напряжение: 5 В / 3,3 В
- ◆ Внешнее питание: 7...12 В (RAW)
- ◆ Тактовая частота: 16 МГц / 8 МГц
- ◆ Цифровые порты: 14 (из них 6 ШИМ)