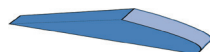


Содержание

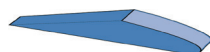
Перед началом работы	9
Обращение к родителям	10
Что необходимо для экспериментов	15
От книги – до лично поставленного эксперимента	21
Когда что-то идет не так.....	34
Подведение итогов	36
Контрольные вопросы	36
... и несколько заданий	36

1

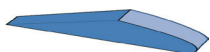


Да будет свет!.....	39
Батарейка из лимона и картофеля	39
Батареи вместо огорода	54
От лампочки до «горячего провода»	60
Сейчас начинается самое интересное.....	71
Вопрос о нулях	80
Что-то нереальное: принципиальные схемы	85
Находишься ли ты под напряжением?	89
А не хотите ли ватты?	96
Подведение итогов	99
Несколько вопросов.....	99
... и несколько заданий	100

2

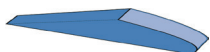


3



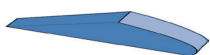
Теперь – только по порядку	101
Включение и выключение	101
Две лампы почти не горят (последовательное соединение).....	111
Опять две лампы – но тем не менее светло (параллельное соединение)	118
Батарейки тоже можно подключать параллельно.....	122
Густав Кирхгоф говорит: что втекает, то и вытекает	128
Подведение итогов	133
Несколько вопросов.....	133
... и несколько заданий.....	134

4



Сопротивление имеет значение.....	137
Еще один знакомый друг: Ом	137
Куда делось напряжение.....	147
Никто не любит короткие замыкания	155
$1 + 2 = 3$	159
$1 + 2$ может быть и меньше, чем 1.....	163
Светло и темно одновременно	167
Резисторы для особых целей.....	169
Подведение итогов	178
Несколько вопросов.....	178
... и несколько заданий.....	179

5

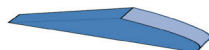


Магнитные явления.....	181
Магнетизм в проводе.....	181
Переключение и управление	192
Уже почти музыка.....	197
Постоянно по кругу	201
Двигатель производит ток	211
Подведение итогов	214
Несколько вопросов.....	214
... и несколько заданий.....	215

Ток только в одну сторону 217

В противоположном направлении ничего не двигается	218
Диод неидеален	222
Внимание на детали	225
Возможно, самый красивый диод в мире	236
Невидимые сообщения	255
Подведение итогов	259
Несколько вопросов.....	259
... и несколько заданий.....	260

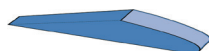
6



Транзистор..... 261

Детектор лжи: твое тело в качестве проводника тока	261
Кто говорит «да», получает в ответ «нет»	276
Сверхчувствительная сигнализация от взлома и забота о цветах	287
Как сделать невидимое слышимым и видимым	295
Всё под контролем	301
p-n-p и n-p-n	312
Подведение итогов	318
Несколько вопросов.....	319
... и несколько заданий.....	320
Что дальше?.....	321

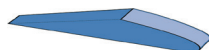
7

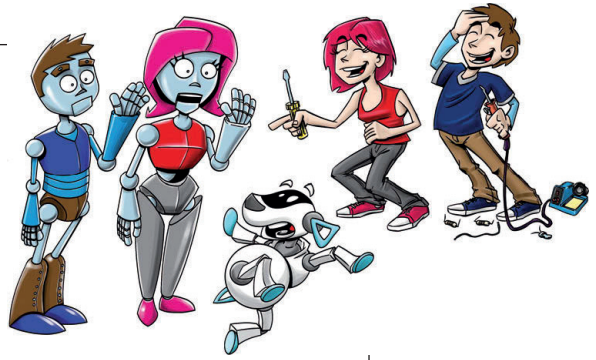


Приложение 325

Обозначения степенных множителей.....	325
Физические величины.....	325
Формулы.....	326
Цветовой код резисторов	326
Важные напоминания.....	327
Условные обозначения для электрических схем	328

A





1

Перед началом работы

Из этой главы ты узнаешь:

- ⦿ какие инструменты и оборудование необходимы тебе для первых собственных экспериментов по электронике;
- ⦿ что нужно делать и чего делать не нужно, чтобы все эксперименты были безопасными;
- ⦿ какую помощь могут оказать тебе твои родители, и на что им надо обратить внимание;
- ⦿ что такое макетная плата, и как ее можно и нужно использовать;
- ⦿ как преодолеть трудности, если эксперимент не удаётся с первой попытки и надо найти ошибку.

Чтобы эта книга увлекла тебя по-настоящему и ты не начал сразу терпеть неудачи на изобретательском поприще, следует сказать еще пару важных слов. Невозможно предупредить все возможные проблемы, и тем более настоятельно прошу тебя внимательно читать советы в книге и следовать им. Будет очень интересно, я гарантирую это!

Особо важная информация, которой ты должен уделить внимание, помечена указательным знаком в рамочке. Если ты внимательно ознакомишься с этими замечаниями, то избежишь многих проблем.



1



Я Робеспес и большой знаток электроники, и я всегда буду рядом, когда работа требует особенно много стараний и терпения. Иногда я хочу показать тебе, насколько я крутой электронщик и могу открыть тебе профессиональный трюк. В этом случае ты сможешь почитать мои умные мысли, подумать над ними или отложить на потом, когда тебе станет интересно.

С ответами на вопросы и задачи по всем главам можно ознакомиться по ссылке www.mitp.de/016.

Обращение к родителям

Дорогие родители! Эти слова я обращаю специально к вам. Несмотря на то что эта книга прежде всего предназначена для детей и подростков, и я не буду показывать ничего рискованного, и все опыты в принципе безвредны, нужно помнить, что ваш ребенок будет иметь дело с очень непротыми вещами. И именно вы должны проследить за определенными простейшими правилами безопасности, которые вам необходимо обсудить с детьми. Возможно, вы еще спросите: как вы и ваш ребенок должны обращаться с книгой наилучшим образом? Далее изложены основные предложения по организации работы с книгой.



Прежде чем ребенок приступит к самостоятельной работе, просим внимательно прочесть советы по безопасности и обсудить необходимые указания с вашим ребенком.

Правила по технике безопасности

1. **Используемые электронные компоненты не предназначены для маленьких детей!** Существует опасность их проглатывания или вдыхания. Рекомендуемый минимальный возраст для работы составляет 8 лет.
2. **Неосторожное обращение с сетевым напряжением (из розетки) несет опасность для жизни!** Сетевое питание нигде в наших опытах не используется. Обращайте внимание, чтобы дети не вставляли ничего в розетку!
3. **Не используйте сетевые адаптеры!** Несмотря на то что небольшие сетевые адаптеры, которые получили широчайшее распространение благодаря зарядным устрой-

ствам мобильных телефонов, имеют на выходе неопасное напряжение и теоретически могли бы быть вполне пригодны для экспериментов с простейшими электронными схемами, мы категорически не рекомендуем их использовать иначе, как по их прямому назначению.



Во-первых, бытовые сетевые адаптеры, как правило, производятся для продажи по низкой цене, и поэтому они не соответствуют специальным стандартам безопасности, принимаемым для блоков питания экспериментальных схем. В любой неотлаженной экспериментальной схеме может возникнуть короткое замыкание, быть перепутана полярность напряжения, и бытовой адаптер может быть никак от этого не защищен. В некоторых схемах адаптеров из-за внутренних дефектов может появиться сетевое напряжение на выходе, или во время работы вы столкнетесь с перегревом.

Во-вторых, адаптер изначально не предназначен для питания чего-либо, кроме телефона. Вам придется аккуратно разобрать выходной провод и присоединить его к своей схеме, притом что у вас нет документации на адаптер. Правильное подключение с первой попытки может не получиться, а второй попытки может и не быть.



4. **Мы предлагаем использовать в опытах батарейки, а не аккумуляторы.** Из-за короткого замыкания аккумулятор может получить значительные повреждения и взорваться (особенно литий-ионный). Для целей детского обучения электронике вполне достаточно обычных батарей, и это не пробьёт большой дыры в вашем бюджете. Не стоит использовать маленькие литиевые батареи, поскольку они тоже могут взрываться при коротких замыканиях.
5. Обязательно нужно контролировать, не закорочены ли полюса батареи каким-либо металлическим предметом (ключом, отверткой, проводом и пр.). Существует опасность перегрева и разрушения.
6. Деформированные, поврежденные или вытекшие (остатки белого цвета на полюсах или кайме) батареи подлежат немедленной утилизации.

1

7. Батареи не выбрасываются в бытовой мусор. Крупные торговые центры, как правило, принимают отработанные батареи бесплатно.
8. Все эксперименты могут быть выполнены здоровыми детьми с обычным развитием и не несут в себе опасности. Дети с ограниченными физическими, сенсорными или умственными способностями, с недостатком опыта, знаний или моторных способностей должны проводить эксперименты с помощью ответственных взрослых.
9. Во время некоторых экспериментов могут происходить небольшие вспышки света, резкие звуки или механические движения. Если ребенок, проводящий эксперимент, обладает повышенной чувствительностью к таким явлениям, наблюдайте за ним во время проведения опыта.

Возможно, мы слишком дотошны, и может показаться, что такие опыты с минимальными величинами требуют очень четкого уточнения и соблюдения с точки зрения экологической пользы, но законодатели придерживаются такой четкой позиции: все электронные и электрические элементы (мы их называем «приборами», что несколько раздражает) не должны выбрасываться в бытовой мусор.

Предписанием для ограничения использования опасных веществ в электрических и электронных приборах (Предписание о веществах для электрических и электронных приборов, или ElektroStoffV) устанавливается, что под указанное выше положение подпадают сами электрические кабели и, конечно, отдельные компоненты, которые используются для указанных в данной книге схем. Обращение с электронным мусором в ЕС регулируется Директивой по утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE), которая в Германии была заменена Законом об электронном и электрическом оборудовании (ElektroG). Следуя предписанию по утилизации электроники, использованные приборы в Германии должны забираться производителем приборов (а не продавцом), который выполняет их утилизацию и ликвидацию. Тем не менее компоненты также бесплатно принимаются региональными центрами вторичной переработки (сборными пунктами для мусора). На символе раздельного сбора электрических и электронных приборов изображен перечеркнутый контейнер на колесах. Брус под контейнером означает, что продукция (в Германии) была введена в оборот после 23.03.2006.



Каким образом вы и ваш ребенок можете работать с книгой

Можно ли оставить ребенка наедине с книгой? И да, и нет. Конечно, основная идея книги предполагает, что подросток в одиночку может заняться определенной темой и самостоятельно провести все эксперименты. Однако это предусматривает наличие обширного опыта, полученного в процессе самообучения. Если вы обсудили указания по технике безопасности и подготовили все материалы, то смело можете начинать работу.

Однако, вероятно, рано или поздно могут появиться вопросы и проблемы. Несмотря на все усилия, я не исключаю, что в текст могла вкрасться ошибка. Кроме того, описание эксперимента может быть легким для понимания одним читателем, тогда как другой поймет его с трудом или неверно. В этом случае схема, вероятно, будет функционировать не так, как вы запланировали, или вообще никак. С другой стороны, существуют проблемы с пониманием абсолютно общего характера. Тогда каждый человек обрадуется, если ему окажут помощь. Если у вас есть базовые знания в области электроники, это является преимуществом, но не обязательным условием. Кто знает, может, работа с «железом» доставит вам удовольствие, и вы сами увлеченно начнете собирать всякие схемы. Иногда необходим отстраненный, «свежий» взгляд человека со стороны, чтобы заметить неправильное подключение компонента или, как ни банально это звучит, разряженную батарею. Взрослый наблюдатель при решении проблемы, имея «незамысленный» взгляд и используя систематический подход, может найти все ошибки.

- Пусть ребенок объяснит своими словами назначение электрической схемы и в чем, по его мнению, возникла проблема. Таким образом, вы увидите, понял ли он описание эксперимента, и сможете узнать, как определяют, отделяют, анализируют и, в конце концов, устраняют ошибку.
- Прочтите описание к схеме самостоятельно.
- Пусть ребенок объяснит, какие шаги необходимо предпринять для выделения и устранения ошибки.
- Проверьте систематически каждое подключение и каждый компонент. Полезным будет отметить карандашом уже проверенные компоненты и соединения на схеме в книге.

1

- Электронные детали могут выходить из строя. Заменяйте каждый компонент по отдельности на новый. Проверьте батарею.

В интернете вы сможете ознакомиться с дополнительной информацией. Есть много сайтов, которые посвящены электронике и где собрано очень много информации по разным темам. Возможно, вы сможете найти там описания, которые окажутся более доступными для понимания или с помощью которых вы сможете разрешить возникшие проблемы. Как правило, люди, занимающиеся электроникой, с удовольствием приходят на помощь и рады помочь новичкам. В приведенном ниже списке приведен (неполный, конечно) обзор некоторых популярных веб-страниц:

1. <http://www.blafusel.de/phpbb/index.php>
Веб-страница и форум автора. На форуме вы можете связаться с другими читателями.
2. <http://www.mikrocontroller.net/>
Собственно, это форум, посвященный микроконтроллерам. Здесь также есть подфорумы и прежде всего очень большое количество участников.
3. <http://www.elektronik-kompendium.de/>
Специализированные статьи и тематический форум.
4. <https://groups.google.com/forum#!forum/de.sci.electronics>
Раньше (до интернета) группы новостей были самой популярной формой для общения с другими людьми. Несмотря на то что популярность таких групп снизилась, в них все еще можно найти готовых помочь участников.
5. <http://www.dse-faq.elektronik-kompendium.de/>
Наиболее частые вопросы (FAQ) из ранее указанной группы новостей. Здесь появляется много ответов на постоянно появляющиеся вопросы.
6. <http://www.stripfenstrolch.de/menue-1.html>
На сайте «Stripfenstrolch» есть много информации и схем для собственных экспериментов.

Без математики – никуда

Чтобы хорошо разбираться в электронике, обязательно владеть способами выполнения некоторых элементарных расчетов. Без этих расчетов невозможно определить значения некоторых параметров радиодеталей и понять работу электронного устройства. Математика тем не менее пугает

многих детей, поэтому мы постараемся не злоупотреблять ею. Будут использоваться достаточно простые формулы с очень детальным разъяснением каждый раз. В любом случае, ребенок должен знать четыре основных действия (сложение, вычитание, умножение и деление), быть знакомым с решением линейных уравнений и использованием переменных величин, а также владеть основными видами счета на калькуляторе. Если вы сами захотите ответить на вопросы, то в этой связи вы сможете найти в интернете много информации. Как правило, решение линейных уравнений проходит в 5–7 классах (в России в 4–6 классах). Для любых вычислений достаточно простейшего калькулятора, такого как распространенный калькулятор «Texas TI-30XA». Вы можете использовать и калькулятор, который входит в состав операционной системы «Microsoft Windows». Найти программу «Калькулятор» можно в меню **Пуск** ⇒ **Программы** ⇒ **Стандартные**.



Калькулятор «Windows». Представленный на изображении в книге вид программы калькулятора получается при выборе в меню «Вид/Научный»

Что необходимо для экспериментов

Для проведения экспериментов и сборки схем потребуются несколько типов радиодеталей (радиодетали принято также называть в соответствии с устоявшейся практикой

1

компоненты) и некоторые простейшие инструменты. Все эксперименты, описанные в книге, требуют самых обыкновенных компонентов, которые используются любым радиолюбителем для опытов в домашней лаборатории.

Необходимые для экспериментов радиодетали выбраны таким образом, чтобы их можно было легко купить, причем в большинстве случаев речь идет о дешевых изделиях. Поэтому потерю или повреждение какого-либо компонента легко пережить. Есть список компонентов, которые необходимо иметь обязательно, и желательный список дополнительных компонентов.

Помимо этого, есть также два списка с инструментами: один список содержит инструменты, которые обязательно должны иметься в наличии, а во второй список включены инструменты и материалы, которые хорошо бы иметь дополнительно. Не обязательно покупать всё сразу – возможно, в вашем инструментальном ящике уже что-то есть. Кроме этого, хороший инструмент может стоить дорого. Обычные кусачки-бокорезы можно купить за 100–150 рублей, но «фирменные» уже могут стоить и 500 рублей и больше. Инструменты, используемые в строительстве, в том числе весьма дорогие, очень редко подходят электронщику. (Имеются в виду строительные работы по дереву, бетону, камню, сооружение металлоконструкций, прокладка сетей водоснабжения и канализации; электромонтажные работы в Германии не относятся к строительству. – *Прим. ред.*)

Самое правильное – это купить инструмент в том же магазине, в котором приобретаются радиодетали. Я предлагаю начинающим для начала купить самые простые инструменты, в ином случае вы можете расстроиться, испортив дорогие бокорезы с победитовыми режущими кромками (губками) при «откусывании» слишком толстого гвоздя. Если радиолюбительство станет вашим хобби, то друзьям и родственникам на следующем дне рождения будет меньше головной боли, что подарить, а у вас будет много, много радости.

Цены во всех списках даны только для примерной ориентировки, реальные цены в магазине могут быть другими. Кроме этого, изображения и номера заказов у экспедиторов «Reichelt» (<http://www.reichelt.de/>) и «Conrad» (<http://www.conrad.de/>) даны только для ознакомления и не представляют собой предложения для покупки. (В России крупнейшими магазинами радиодеталей для радиолюбителей являются «Чип и Дип» (<http://www.chipdip.ru/>), «Терраэлектроника» (<http://www.terraelectronica.ru/>), «Платан» (<http://www.platan.ru/>) и множество других. – *Прим. ред.*) Храните









радиодетали в закрытой и подписанной упаковке, так чтобы они не рассыпались и не потерялись. Это очень помогает прежде всего в случаях, когда на компоненте отсутствует описание. (Желательно завести список радиодеталей, которые у вас есть, и регулярно обновлять его. Когда деталей 10 наименований, нет ничего сложного их помнить, но если их сотни – список необходим. – Прим. ред.)

Компоненты (минимальное требование)



Кол-во	Наименование	Цена, евро/шт.	Номер для заказа	Примерное изображение
1	Макетная плата для экспериментов	3,00	R: STECKBOARD 1K2V C: 526819	
1	Набор перемычек для макетной платы	4,00	R: STECKBOARD DBS C: 524530	
2	Батарея «Крона» 9В	1,00		
2	Зажим для батареи	0,50	R: CLIP HQ9V-T C: 650514	
1	Моток провода, примерно 5 м, 0,14 мм ² Годятся и другие цвета	2,00	R: LITZE GE C: 605208	
1	Моток провода (изолированный), примерно 5 м, Ø 0,8 мм	3,00	R: KLINGELDRAHT C: 1180517	
1	Комплект проводов к измерительному прибору, с зажимами типа «крокодил» (ок. 10 штук)	3,00	R: MK 612S C: 108488	
2	Слаботочный светодиод, красный, 2 мА, 3 мм	0,10	R: LED 3MM 2MA RT C: 156225	
3	Низковольтный светодиод, зеленый, 25 мА, 5 мм	0,10	R: LED 5MM ST GN C: 180183	
3	Лампа накаливания, 12В, с проводами	0,80	R: L 3212 C: 727180	
1	Тактовая кнопка	1,80	R: T9141GN C: 707732	

1

Компоненты (минимальное требование)

Кол-во	Наименование	Цена, евро/шт.	Номер для заказа	Примерное изображение
По 5	Резисторы постоянные 5 %, 0,25 Вт 10 Ом, 22 Ом, 47 Ом, 100 Ом, 220 Ом, 470 Ом, 1 000 Ом, 2 200 Ом, 10 кОм, 47 кОм, 100 кОм, 1 МОм В качестве альтернативы по отдельным позициям можно купить ассортимент блоков сопротвления, как указано в списке резервных запчастей	0,10	Пример: R: ¼W 10 C: 403016	
5	Слаботочный предохранитель 0,1 А, 0,20 5×20 мм, среднеинерционный	0,20	R: MTR. 0,1A C: 533220	
1	Подстроечный резистор, 1 кОм	1,00	R: 76-10 1,0K C: 424927	
1	Подстроечный резистор, 100 кОм	1,00	R: 76-10 100K C: 424986	
1	Фоторезистор, 4–500 кОм	1,00	R: LDR 07 C: 140370	
1	Реле 6 В постоянного тока, 2×UM	2,60	R: FIN 40.52.9 6V C: 503975	
1	Громкоговоритель, 8 Ом; 0,2 Вт	1,10	R: BL 50 C: 710396	
2	Диод 1N4148	0,04	R: 1N 4148 C: 162280	
2	Диод 1N4004	0,05	R: 1N 4004 C: 162248	


Компоненты (минимальное требование)

Кол-во	Наименование	Цена, евро/шт.	Номер для заказа	Примерное изображение
1	Светодиод SFH 484 IR	0,50	R: SFH 484 C: 525176	
5	BC547 <i>p-n-p</i> -транзистор	0,06	R: BC 547C C: 155955	
1	BC557 <i>p-n-p</i> -транзистор	0,06	R: BC 557C C: 154970	
1	Фототранзистор ВРХ81-3	1,30	R: ВРХ 81 C: 153175	

Компоненты (список с резервными запчастями)

Кол-во	Наименование	Цена, евро/шт.	Номер для заказа
2	Светодиод красного цвета, 25 мА, 5 мм	0,15	R: LED 5MM ST RT C: 180141
2	Светодиод желтого цвета, 25 мА, 5 мм	0,15	R: LED 5MM ST GE C: 180224
1	Светодиод голубого цвета, 30 мА, 5 мм	1,30	R: LED 5MM ST BL C: 180212
1	Набор резисторов E12	13,00	R: K/RES-E12 C: 418706
1	Электрический мини-двигатель, 4–14 В	5,00	R: - C: 229021

Список инструментов (минимальные требования)

Кол-во	Наименование	Цена, евро/шт.	Номер для заказа	Примерное изображение (картинка)
1	Бокорезы-плоскогубцы	3,00	R: SCHERE570 C: 406634	

1

Список инструментов (минимальные требования)

Кол-во	Наименование	Цена, евро/шт.	Номер для заказа	Примерное изображение (картинка)
1	Круглогубцы, маленькие	3,00	R: MAN10704 C: 817725	
1	Цифровой мультиметр	10,00	R: PEAK-TECH1070 C: 122999	
1	Комплект прецизионных отверток (мин. 2 шлицевые, 2 крестовые)	2,00	R: TS6N C: 813146	

Список инструментов (дополнительные резервные инструменты)

Кол-во	Наименование	Цена, евро/шт.	Номер для заказа	Примерное изображение (картинка)
1	Клещи для ручного удаления изоляции	4,00	R: KN1102160 C: 284356	
1	Декодер цветовой маркировки резисторов	2,80	R: VITRONMETER C: 400009	

В припое для пайки может содержаться свинец, но встречаются и бессвинцовые припои. В настоящее время припои с содержанием свинца запрещены для применения в промышленности (в Ев-



росоюзе), однако частные пользователи не подпадают под такой запрет. Несмотря на то что оловянный припой без свинца несет меньшую угрозу для здоровья, температура его плавления заметно выше, и поэтому его не рекомендуют для новичков. Обратите внимание, олово является достаточно слабым контактным ядом. Основную опасность могут представлять соли олова, поэтому ни в коем случае не берите его в рот, не облизывайте паяные (облуженные, т. е. покрытые оловом) контакты – это может быть вредно, мойте руки после работы. При пайке возникают испарения флюсодержащих жидкостей (например, наиболее распространенного флюса – канифоли). Вдыхание паров и дыма от сгорания канифоли может быть вредно, особенно если у вас есть аллергические реакции или вы болеете респираторными заболеваниями. Стоит избегать непосредственного вдыхания испарений, даже если вы совершенно здоровы. С помощью вентилятора для вытяжки паров от пайки (стоимость – от 500 рублей) можно отвести испарения из вдыхаемого воздуха.



От книги – до лично поставленного эксперимента

Теперь мы можем постепенно приступать к работе. Начнем со знакомства с инструментами и твоим рабочим местом и узнаем, как самостоятельно воплотить на практике примеры из книги. Важно, чтобы ты самостоятельно проводил и выполнял, по возможности, все эксперименты. Ведь мы лучше всего учимся, когда познаем вещи на практике и видим, что происходит, когда берешь компоненты в руки и пускаешь их в дело.

В электронике говорят об электрической схеме, даже если вообще не используется ни один переключающий элемент, такой как переключатель или транзистор.

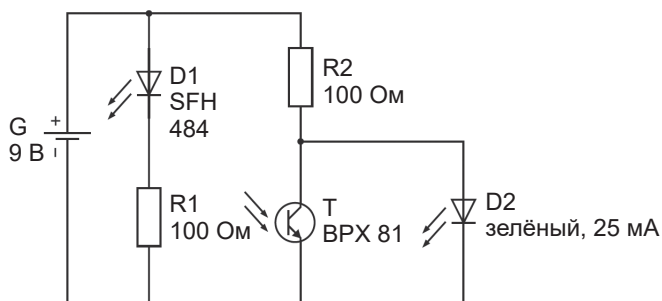


Все примеры в этой книге иллюстрированы тремя типами графических изображений:

- электрическая принципиальная схема, или просто принципиальная схема – это технический чертеж с условными обозначениями. Вначале эта схема будет казаться тебе каким-то ребусом, однако со временем ты запомнишь, что означает каждый символ, и все станет понятно. Удобство принципиальных схем в том, что любой ин-

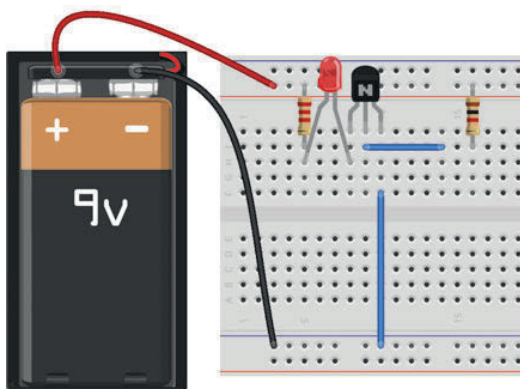
1

женер-электронщик, к которым, возможно, примкнешь и ты, может понять принципы работы электронного устройства, внимательно изучив его принципиальную схему. Каждому электронному устройству всегда соответствует строго определенная принципиальная схема;



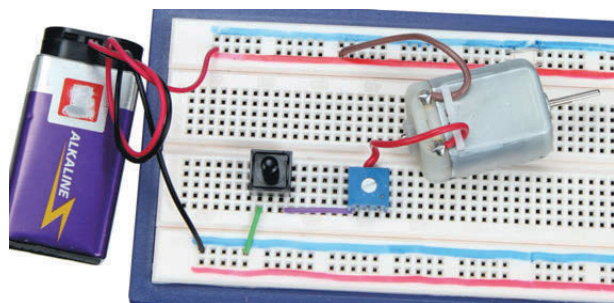
Для всех компонентов на электрической принципиальной схеме используются стандартные символы

- графическая макетная схема – условное графическое изображение макетной платы со смонтированной схемой с реалистичным видом компонентов и соединительных проводов – перемычек. Эти изображения создаются с помощью бесплатного программного обеспечения «Fritzing» (<http://fritzing.org>). Они показывают, как на плате устанавливаются компоненты, перемычки, подключаются источники питания и т. д. Цвета компонентов и перемычек могут отличаться от тех, что есть у тебя, но это не принципиально. Гораздо важнее отслеживать, каким образом на плате соединяются группы контактов серого цвета;



Пример графической макетной схемы, подготовленной с помощью ПО «Fritzing»

- пример реальной конструкции на одной или нескольких фотографиях. Вероятно, представленные на них компоненты будут выглядеть несколько иначе, чем у тебя.



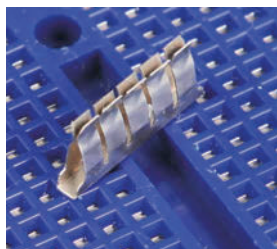
Фотография собранной схемы на макетной плате

Не дощечка для резки хлеба: экспериментальная макетная плата

Специальная пластмассовая или керамическая панель со штепсельными пружинными контактами называется в немецком языке «Experimentierboard» (плата для экспериментов) или «Steckplatine» (штепсельная плата). В английском языке ее называют проще: «Breadboard» (дощечка для резки хлеба). В русском языке наиболее часто используется термин контактная макетная плата (в противоположность печатной макетной плате, на которой компоненты монтируются пайкой и соединяются навесными проводами). На рынке представлены макетные платы в различных вариантах соединений и размерах. Для проведения экспериментов в этой книге нам потребуется небольшая простейшая модель такой макетной платы. Макетные платы чрезвычайно полезны – можно произвольно и очень легко переключать компоненты или соединения и проверять, как схема работает. Если схема на макетной плате работает хорошо, можно выполнить ее в виде печатной платы с припаянными деталями, как в любом приборе, который можно купить в магазине. Пружинные контакты в монтажных отверстиях макетной платы плотно обжимают проволочные ножки компонентов и обеспечивают их подключение. Пружинный контакт рассчитан на провод диаметром 0,8 мм, поэтому не стоит вставлять в него компоненты с выводами большего диаметра, иначе в итоге вы увидите, что компоненты больше не прилегают плотно к соединениям и схема не работает (либо компоненты болтаются). Не стоит использовать группу контактов, в которой проявилась такая проблема, если проблемных групп контактов много, имеет

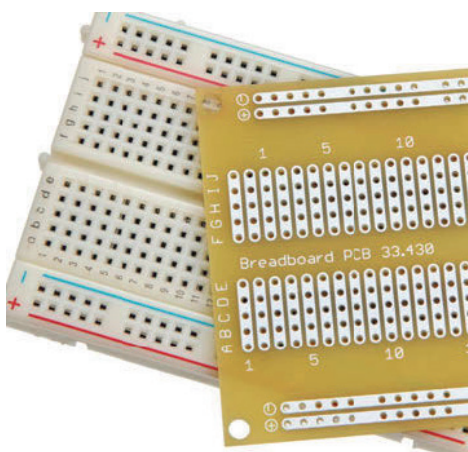
1

смысл приобрести новую макетную плату: к счастью, небольшие модели стоят совсем недорого.



Пружинный контакт для 5 подключений в одном ряду

Существует большое разнообразие различных экспериментальных макетных плат. Наиболее распространены платы с использованием пружинных контактов с пятью отверстиями в ряду. Все компоненты, которые вставляются в любое из этих пяти отверстий, соединены друг с другом так, как будто бы ты спаял их штырьки вместе. Помимо этого, на таких платах есть длинные группы контактов, проходящие вдоль всей платы, – они предназначены для подачи питания на схему и выделены цветом. На простейших платах таких линий контактов, называемых «шина питания», две, но бывает три и больше. Позднее мы более детально рассмотрим соединения компонентов и их функции. Все расстояния между соседними отверстиями на макетной плате кратны стандартному значению, равному 2,54 мм. У большинства электронных компонентов для любительского использования расстояние между выводами равно именно этой величине (или вдвое большей – 5,08 мм), так что не возникает проблем с их монтажом на макетной плате. Оптимальный диаметр вывода для пружинных контактов составляет 0,8 мм (поперечное сечение: 0,5 мм²).



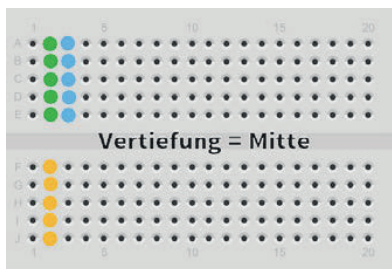
При изготовлении паяных печатных плат используется такой же стандартный шаг установки компонентов на плате, равный 2,54 мм. Поэтому после сборки и отладки схемы на макетной плате её можно перенести с минимальными изменениями на макетную плату для распайки, которую уже можно смонтировать в готовом устройстве

2,54: говорит ли тебе что-то эта цифра? Возможно, ты как-то слышал, что не все люди в мире измеряют расстояние метрами и сантиметрами (как в России и континентальной Европе). Например, в Соединенных Штатах Америки измеряют расстояния в дюймах (на английском: «Inch»). Наша система измерений размеров и расстояний называется метрической системой, а американская – дюймовой. Поскольку первые микросхемы были созданы в США, расстояния между выводами у них были кратны одной десятой дюйма, или 2,54 мм, и в дальнейшем во всем мире в микроэлектронике использовались только дюймовые расстояния. В Советском Союзе использовался очень близкий стандартный шаг, равный 2,5 мм, однако после 1991 года российские производители электроники также перешли к дюймовым стандартам. Чтобы перейти от дюймов к сантиметрам, надо умножить на 2,54: один дюйм равен 2,54 сантиметра, или 25,4 мм.



Линейка с делениями на дюймы (вверху) и сантиметры (внизу)

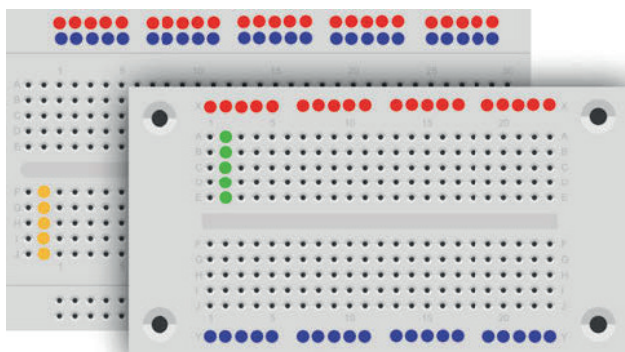
При первом взгляде на макетную плату достаточно сложно понять, как именно разные группы отверстий связаны друг с другом. В середине большинства плат находится длинное горизонтальное углубление. Над и под ним расположены вертикальные группы контактов, как правило, по 5 штук в группе. Все контакты одного цвета (зеленого, голубого, оранжевого) соединяются друг с другом. Контакты разных цветов не соединяются между собой.



Маленькая плата с двумя рядами пружинных контактов, расположенных горизонтально. В верхнем и нижнем рядах расположены 20 контактных групп, каждая из которых включает в себя 5 отверстий

1

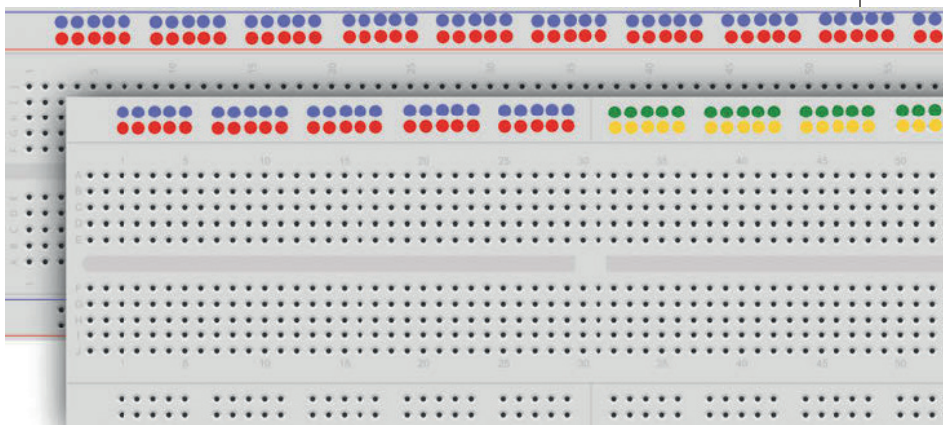
На платах большего размера горизонтальные шины питания расположены в группах по пять штук и объединяются друг с другом (ряды красного и голубого цветов, иногда еще желтого и зеленого цветов). Соединения между параллельными рядами отсутствуют. Иногда горизонтальные шины питания бывают и сверху, и снизу макетной платы. Эти горизонтальные ряды контактов прекрасно подходят для того, чтобы распределить два важных подключения питания от батареи («плюс» и «минус»). В дальнейшем я расскажу, что конкретно это значит. Именно такая макетная плата будет использоваться в дальнейшем для иллюстрации примеров в этой книге.



Макетная плата с шинами питания, расположенными параллельно сверху и снизу (голубого и красного цветов). Четыре отверстия по углам платы на переднем плане предназначены для её закрепления с помощью винтов или шурупов

В более «продвинутых» платах меняется немного: в них просто больше контактов. Однако существует несколько вариантов, в которых горизонтальные шины не сквозные, а прерываются в середине. Между левой и правой сторонами нет соединения. По сути дела, речь идет о двух маленьких платах, которые установлены друг рядом с другом, но это, к сожалению, зачастую остается практически невидимым. Цветные линии по краю платы четко указывают на объединение всего ряда слева направо. Цвета используются для того, чтобы удобнее было обозначать плюс и минус в соответствии с принятыми правилами – но проявите терпение, скоро мы обо всем расскажем! В случае достаточно длинных плат необходимо обращать внимание на распределительные шины по краю, и если мы говорим о новых платах, неплохо бы проверить, как соединяются шины и соединяются ли они вообще.

Если у тебя плата со сквозными рядами сверху и внизу, которые не обозначены цветом, то лучше всего промаркируй их самостоятельно, используя фломастер или маркер. Обозначение цветом поможет тебе избежать путаницы. Позднее, при конструировании, всегда используется плата, на которой сверху и внизу находится по два ряда отверстий.

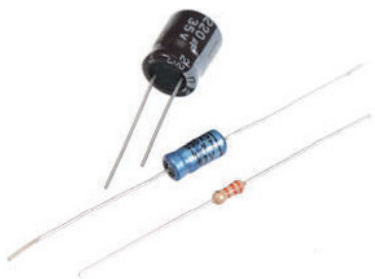


На большой макетной плате на переднем плане ты видишь, что горизонтальные ряды контактов разделены в середине, так что имеются четыре независимых друг от друга ряда (голубой, красный, зеленый, желтый). На макетной плате на заднем плане цветные горизонтальные ряды расположены вдоль всей длины платы

Как брать компоненты плоскогубцами

Если ты хочешь вставить какой-то компонент или перемычку в макетную плату, тебе необходимо обратить внимание на то, что выводы или концы перемычки не должны иметь ровные концы, для того чтобы легко вставляться в пружинные контакты. Практически все электронные компоненты с негнушимися выводами (такие как микросхемы в корпусах типа DIP и транзисторы в корпусах TO-220) имеют расстояние между выводами, кратное 2,54 мм, и идеально соответствуют отверстиям на макетной плате. Существует и большое количество деталей в так называемом осевом исполнении: в этом случае сам компонент имеет только два вывода, расположенных на одной оси, в частности любая соединительная перемычка относится к классу компонентов осевого исполнения.

1



Цилиндрический конденсатор с рядным расположением выводов, конденсатор и сопротивление с осевыми выводами

При установке таких деталей на макетную плату необходимо согнуть выводы так, чтобы получилось что-то вроде мостика. Однако держать деталь в руке и гнуть вывод пальцами – не самая лучшая идея. В этом случае вы не можете контролировать передачу усилия сгиба на место закрепления вывода, и в том месте, где вывод отходит от детали, возникает механическое напряжение (внутренняя сила), которое может повредить компонент (при этом данное повреждение не всегда видимо невооруженным глазом). Поэтому правильно выполнить такой загиб надо следующим образом:

- взять небольшие плоскогубцы и захватить вывод между местом прикрепления вывода к компоненту и местом, где он должен быть согнут;
- плотно захватить вывод компонента плоскогубцами и держать его. Теперь ты можешь согнуть вывод пальцами так, чтобы возник изгиб под прямым углом. На другом выводе компонента можно сделать загиб аналогичным образом. Таким образом компонент не повреждается, и при этом сам изгиб выглядит гораздо более эстетично.

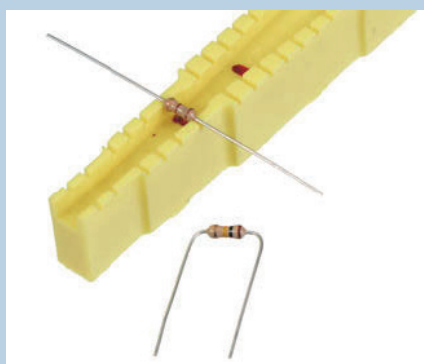


Вначале захвати компонент за тот вывод, который ты хочешь согнуть



*Крепко держи компонент и согни провод пальцами вниз.
Ты сможешь сделать то же самое с другой стороны компонента*

В зависимости от того, как близко расположены плоскогубцы к основаниям выводов на компоненте, появляются «мостики» различной длины, расстояние между «ножками» которых может быть равно желательному расстоянию между точками подключения компонента. Со временем ты настолько направикуешься, что сможешь определять необходимую длину компонента на глаз. С другой стороны, для профессионалов и ленивых существуют специальные приспособления для сгибания выводов. Компонент закладывается в небольшие углубления на пластиковом держателе клиновидной формы и фиксируется пальцем, выводы («ножки») сгибаются движением пальцев другой руки. Таким образом компонент предохраняется от повреждений при сгибах, и за счет переменной ширины приспособления можно регулировать длину «мостика».



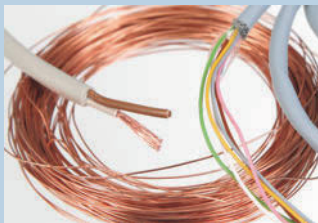
При сборке и отладке электронных схем бывает необходимо зачистить провод от изоляции. Изоляция представляет собой пластичный полимерный материал (часто белого, черного или другого цвета), окружающий проводящий ток

1

металлический (как правило, медный) сердечник. Изоляция не проводит электрический ток – поэтому концы провода, используемого в схеме, должны быть очищены от изоляции на длине примерно 5 мм. Эта операция может быть выполнена разными способами с помощью различных инструментов.



Провод состоит из металлического сердечника и изоляционной оболочки. Раньше такую оболочку делали из материи и бумаги (Это было очень, очень давно, уже в 40–50-е годы прошлого века наиболее массовой изоляцией была резина. – *Прим. ред.*), а сегодня – из синтетического полимера (Это может быть полихлорвинил, полиэтилен, тефлон, редко полиуретановые полимеры. – *Прим. ред.*). Проводящий ток провод может состоять из одной проволоки или из нескольких тонких проволочек, скрученных в один провод (тогда он называется многожильным, или многопроволочным). Отдельные изолированные провода могут быть объединены в кабели, где каждый провод (также называемый жилой) имеет индивидуальную изоляцию и все они защищены общей изоляцией (кабельной оболочкой). Для некоторых применений изолированный провод может быть дополнительно охвачен оплеткой из тонких медных проводков или витой оболочкой из алюминиевой ленты (такая оплетка или оболочка называется экран); также внутри кабеля может быть вплетена прочная нить типа шпагата или стальная проволока; такой кабель очень тяжело порвать. Некоторые виды кабелей уже имеют определенные устоявшиеся названия: телефонный кабель, микрофонный кабель, звонковый, или взрывной, провод, измерительный кабель. Разумеется, это не значит, что с помощью телефонного кабеля можно только подключать телефоны. Кабель, полученный перекручиванием двух тонких одножильных изолированных проводов весьма прочной конструкции, называют, как правило, звонковым, или взрывным, кабелем (Он действительно широко используется при производстве взрывных работ для временного подключения детонаторов. – *Прим. ред.*). Телефонным кабелем часто называется провод, состоящий из четырех изолированных одножильных проводов в общей изоляции. Для подключения источников звука, таких как акустические системы, используется акустический кабель, состоящий из двух параллельных изолированных проводов без общей внешней оболочки, связанных за счет тонкой перемычки между изолирующими слоями друг друга. Такие провода имеют различное сечение в зависимости от мощности колонок. Если у конца такого кабеля надрезать перемычку, соединяющую два провода, то дальше их можно разделить на два отдельных провода, просто потянув их в сторону.



Если ты хочешь купить кабель, то из описания легко понять, сколько жил находится в кабеле, насколько толстой является отдельная жила и к какому типу относится этот кабель. Например, описание кабеля «ВП 2×0,7» означает взрывной

провод (буквы ВП) с двумя жилами диаметром 0.7 мм. Бывает, что в обозначении кабеля используется не диаметр, а площадь поперечного сечения, например кабель для проводки электричества в доме ПВС 2×1.5. Здесь 1.5 – площадь поперечного сечения в мм². Не забудь, что поперечное сечение не идентично диаметру. Поперечное сечение – это площадь, а диаметр – линейный размер. (В России принято, что кабель и провод для электронных устройств и передачи сигналов, где не требуется передавать большую мощность, обозначаются с помощью величины диаметра проводящей жилы, а кабель или провод для подведения электрической мощности внутри или снаружи зданий обозначается с помощью значения площади сечения меди или алюминия. – *Прим. ред.*)



1. С помощью острого ножа мы аккуратно по кругу надрезаем изоляцию. Однако глубина должна быть такой, чтобы был разрезан пластик, но не медь. После этого если потянуть ножом за надрез в сторону конца провода, можно снять оболочку. Метод лучше всего работает для толстых проводов с толстой изоляцией.

Я не рекомендую детям выполнять эти действия с ножом, иначе ты легко можешь порезать пальцы. «Особо одаренным», потерявшим инструменты радиолюбителям даже удастся снимать изоляцию зубами, но тебе этого не стоит делать ни в коем случае! Ты можешь случайно проглотить пластик, и потом, это вредно для твоих зубов.



2. С помощью бокорезов (их также называют кусачки) ты слегка сжимаешь необходимый участок провода: настолько сильно, чтобы держать изоляцию, но не так, чтобы отрезать его кончик. После этого потяни изоляцию в направлении к концу провода и оторви ее. После определенных упражнений эта процедура вполне выполняема, поскольку кусачки у правильных радиолюбителей всегда под рукой. Конечно, в самом начале ты по-

1

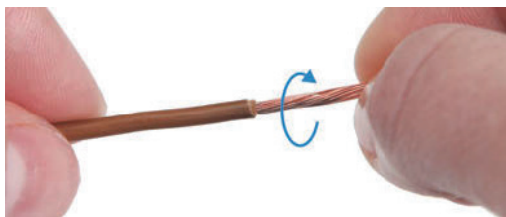
стоянно будешь резать или повреждать провода (срывать жилы вместе с изоляцией), или изоляция будет оставаться на месте. (Метод требует достаточно острых кусачек и верной руки. Но, развивая мелкую моторику, развиваешь интеллект, да? – *Прим. ред.*)



3. Проще всего работается с клещами для удаления изоляции. Существуют автоматические и ручные клещи. Если используются автоматические клещи, необходимо зажать провод между губками и потянуть по направлению к внешней стороне клещей. Дешевые модели часто оборудованы регулировочным винтом. Ручные клещи работают достаточно просто: используя регулировочный винт, ты определяешь степень сжатия клещей. Собственно, клещи для снятия изоляции – это самые обычные кусачки с предварительно устанавливаемым расстоянием между губками, в которых есть полукруглые вырезы для провода. Чтобы уверенно зачищать изоляцию таким инструментом, нужен определенный опыт или интуиция. Ослабь контрольную гайку с насечкой на боковой поверхности (она прижимается к губке и не даёт проворачиваться регулировочному винту) и с помощью регулировочного винта установи глубину надреза изоляции. Эта глубина должна быть такой, чтобы при сжатии клещей надрезалась только изоляция, а не внутренний медный проводник. После этого зафиксируй (законтри) регулировочный винт, затягивая контрольную гайку. Обожми кончик провода режущей частью (утиным носом) на необходимой длине и движением на себяними изоляцию. Для работы с проводом другого диаметра регулировку придётся повторить. (В любом магазине электроники вы найдете массу и других вариантов специализированных инструментов для снятия изоляции – их ещё называют стрипперы, на любой вкус и кошелек. – *Прим. ред.*)

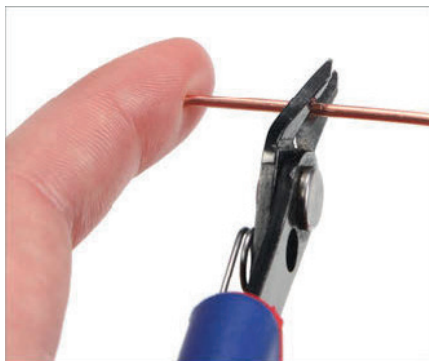


Зачищенные концы многожильных (многопроволочных) проводов, состоящих из нескольких проволочек малого сечения, со временем могут распутываться и обламываться. Если ты можешь и умеешь паять, то будет очень хорошо, если ты покроешь конец такого провода оловом (это называют облудить). Возможно, это могут сделать твои родители, но лучше научиться делать это самому. Если ты не можешь/нет времени облудить конец провода, просто скрути концы жил: прочно держи провод одной рукой и немного покрути оголенную часть между большим и указательным пальцами. Но, честно говоря, многожильный провод плохо подходит для макетной платы – даже облуженные концы склонны раздербаниваться во все стороны после нескольких вставлений-выниманий. Лучше использовать прочный одножильный провод диаметром 0,7–0,8 мм.



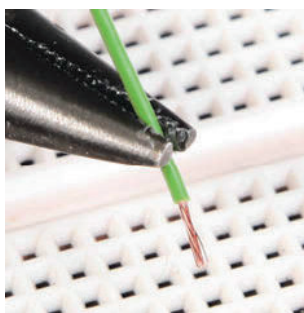
Если ты согнул выводы какого-либо компонента, можешь откусить слишком длинные концы кусачками; однако чтобы без проблем удержать компонент и вставить его в пружинный контакт, необходимо оставить выводы длиной примерно по 10 мм. Обрати внимание, чтобы отрезанные концы не разлетались куда попало. Иногда они попадают в такие места, где мешают или вредят наиболее часто, – между клавишами клавиатуры ПК, в вентиляционные отверстия приборов – или попадают в глаз. Если, откусывая кончик вывода, ты легко прижмешь его пальцем, то далеко он не улетит.

1



При откусывании зафиксировать конец вывода указательным пальцем, чтобы избежать его отлета

Поскольку пружинные контакты на плате должны достаточно плотно обжимать вставленный вывод, иногда компонент может быть сложно вставить. Если ты захватишь плоскогубцами вывод или провод, который необходимо воткнуть, на расстоянии примерно 10 мм от конца, ты, скорее всего, без проблем сможешь вставить его в плату. (Обратите внимание: вставляемый вывод не должен быть гнутым и не должен иметь небольшого залома вблизи того места, где он был откушен кусачками. – *Прим. ред.*)



Когда что-то идет не так

Каждому юному (и не очень) исследователю знаком такой феномен: самый лучший опыт пойдёт не так, как запланировано. Ты так долго старался и создал все условия для успеха, но ничего путного не происходит. Конечно, это очень обидно и может быстро разочаровать, однако можно успокоить себя тем, что, пытаясь найти причину неудачи, приобретёшь больше, чем потеряешь. Тебе просто не стоит злиться и терять терпение: иногда проблема заключа-

ется в мелочах, или просто есть какой-то подвох. Тогда при поиске проблемы тебе помогут холодная голова и немного терпения. К сожалению, почти всегда ты сможешь рассчитывать только на себя, поскольку невозможно предугадать все ошибки и предложить решения на каждую проблему. Если ты можешь задать вопрос или попросить о помощи взрослых, в этом нет ничего зазорного. Ниже приведены некоторые советы, которые, возможно, помогут тебе, чтобы заставить схему работать:

- оставайся спокойным и проглоти раздражение. Сделай небольшую паузу, чтобы очистить мысли, если ты работаешь долго и почти разочарован;
- прочти еще раз все описание схемы: возможно, ты пропустил важные указания;
- проверь, не разрядилась ли батарея. Для этого проведи по батарее языком или используй мультиметр. В следующей главе мы подробно рассмотрим батарею, и ты узнаешь, как ты сможешь проверить ее;
- может быть, перепутана полярность подключения батареи?
- проверь все подключения на макетной плате. Покачай немного компоненты и провода. Иногда они вставлены неплотно или не до конца, и контакта не существует;
- проверь наличие нежелательных соединений: касающихся друг друга оголенных концов проводов, которых, по идее, не должно быть;
- использовал ли ты правильные компоненты? Существует опасность ошибиться прежде всего при выборе номинала сопротивления. Обращай внимание на соответствие цветовых кодов номиналу: можно легко спутать 10 Ом, 100 Ом, 10 кОм и т. д. (Если есть сомнения, используй мультиметр для измерения сопротивления. – *Прим. ред.*);
- сравни собственную конструкцию с фотографиями и проверь, может быть, ты что-то забыл поставить или поставил что-то лишнее;
- замени компоненты новыми: возможно, что-то вышло из строя;
- может быть, ошибся автор книги (такое тоже возможно). Во вступительном разделе для родителей указано, на каких сайтах в интернете можно найти дополнительную помощь;
- попроси взрослых посмотреть твою схему и найти ошибку;

1

- иногда, чтобы схема заработала, надо её разобрать и начеать все сначала;
- просто продолжай. Это, конечно, не решение, но все же хороший совет: попытайся понять, что должно было получиться в эксперименте, и перейди к следующему опыту. Возможно, в другой раз все получится.

Подведение итогов

Мы уже достаточно наговорили, не сделав ничего конкретного. Тем не менее ты наверняка уже приготовил то или иное оборудование, будучи полностью подготовленным для «прыжка в холодную воду». У тебя собраны нужные инструменты, радиодетали и макетная плата – а это самое важное. Однако мы еще раз напомним самые важные правила: все эксперименты проводятся только с помощью батареи. Ни в коем случае ты не должен возиться с розеткой. Для начинающих табу распространяется и на сетевые блоки питания. В конце книги находится приложение, где собраны все важнейшие формулы, условные обозначения и прочая необходимая краткая информация, для того чтобы ты смог быстро обратиться к ним. Ответы на вопросы и решения заданий, включая следующие разделы, можно найти на сайте www.mitp.de/016.

Контрольные вопросы

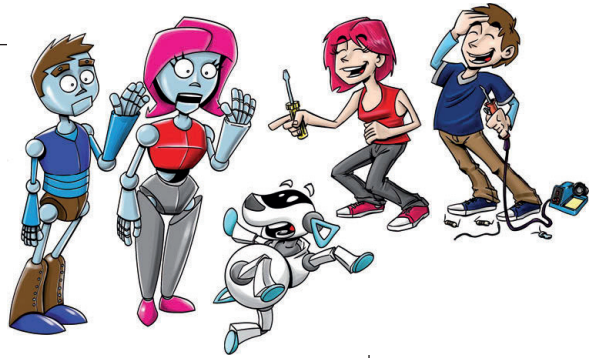
1. Назови несколько типичных названий для электрических кабелей, которые часто употребляются в речи.
2. С помощью каких инструментов ты можешь зачистить провод от изоляции?
3. Из какого источника энергии получают питание твои электрические схемы?
4. В какой источник энергии тебе не стоит засовывать пальцы?
5. Почему ты не должен использовать розетку?

... и несколько заданий

1. Рассортируй новые купленные компоненты. Сравни их с изображениями из списка покупок в книге. Лучше всего хранить их в небольших пластиковых пакетиках,

старых коробках от пленки или жвачки, которые ты сразу же можешь подписать.

2. Потренируйся на снятии изоляции концов кабеля с помощью кусачек и клещей для снятия изоляции, если у тебя такие есть.
3. Отрежь пару участков кабеля длиной 2 см кусачками.
4. Возьми кусок простой проволоки с одножильным медным проводом или сопротивление и согни пару перемычек, подходящих для установки в макетную плату.
5. Попробуй вставить пару компонентов (но не батарею) в макетную плату. При этом, по возможности, используй плоскогубцы, чтобы удержать выводы.



2

Да будет свет!

Из этой главы ты узнаешь:

- ⦿ что фрукты и овощи предназначены не только для еды;
- ⦿ насколько пригодна к делу батарея;
- ⦿ как сыграть в игру на ловкость;
- ⦿ как ввести в дело пробник;
- ⦿ как прочесть электрическую схему;
- ⦿ и познакомишься с новыми формулами.

После того как мы расправились с введением, мы уже можем перейти к экспериментам. Для каждой электронной схемы тебе потребуется источник энергии. Давай-ка посмотрим, что можно сделать из подручных средств.

Батарейка из лимона и картофеля

Наступили выходные, все магазины закрыты, ты находишься в джунглях, и ближайший магазин далеко, и именно сейчас тебе захотелось поработать с электричеством. Но есть ли у тебя источник питания? Не вопрос: мы решим эту проблему, используя подручные средства, и узнаем, как работают батареи и аккумуляторы. Да-да, те самые многочисленные помощники в жизни, и ты можешь видеть их везде: в пульте дистанционного управления, твоих часах или мобильном телефоне, игровой приставке, MP3-плеере, автомобиле, карманном фонарике, цифровом фотоаппарате и многом другом оборудовании.



Цифровой фотоаппарат с двумя батарейками

Твой собственный гальванический элемент

Для этого эксперимента потребуются вещи, которые почти наверняка есть у тебя на кухне и в ящике для мелочей:

- 1) лимон, картофель или яблоко;
- 2) два провода с зажимами «крокодилами» на концах;
- 3) различные металлические предметы: гвозди, винты, монеты, офисные скрепки, алюминиевая или медная фольга и т. п.;
- 4) многожильный или одножильный провод.

Поскольку из овощей и фруктов вытекает сок, проводи эксперименты на кухонном, а не на письменном столе. Почти не имеет значения, какие овощи или фрукты ты используешь для экспериментов, более того, можно исследовать, какие овощи или фрукты лучше подходят для батарей.



Использованные в эксперименте овощи и фрукты не стоит есть. Их лучше выбросить, поскольку их вкус изменяется. Кроме этого, в том месте, где вставлялся электрод, происходили определенные химические реакции, которые могли привести к образованию небезопасных химических веществ.

Собственно эксперимент

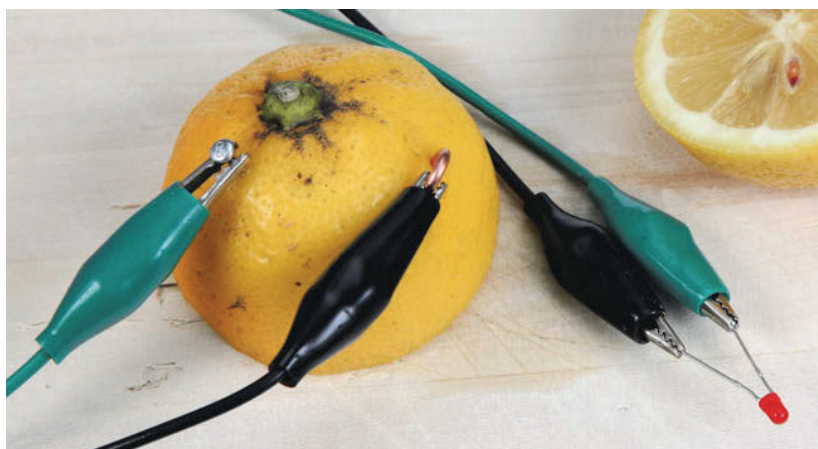
- Разрежь овощ или фрукт на две части. Вначале тебе потребуется только половинка.
- Вставь оцинкованный гвоздь или винт в середину с одной стороны. Гвозди и саморезы с «серебряным» блеском оцинкованы и подходят для эксперимента.
- Прижми медный предмет на другой стороне фрукта. Это может быть монетка «медного» цвета (10 или 50 копеек) или кусочек оголенной медной жилы, которую ты можешь достать, например, из толстого провода, или медная фольга.

- Подключи зажимы к обеим металлическим деталям.
- Получившаяся конструкция называется «гальванический элемент», и именно с таких примитивных устройств началось исследование и использование электричества человеком.

Зажимы «крокодильчики» обеспечивают не очень хороший контакт с присоединяемыми деталями. Они склонны соскальзывать с зажимаемой детали, болтаться на ней, и в результате контакта или нет, или он неустойчивый. Следи за тем, чтобы провод или металлическая деталь плотно захватывались зубьями зажима. Если ты захватываешь зубьями только изоляцию, то контакта в этом соединении не будет. Также удостоверься, плотно ли удерживается штекер на «крокодильчике».



1. Подключи слаботочный светодиод к зажимам на других концах проводов. Внимание, это важно: длинный штырек светодиода должен соединяться с медной деталью! Необходимо использовать специальный светодиод, который в табл. 1 назывался слаботочным светодиодом (2 мА, 3 мм). Это небольшой светодиод красного свечения, с малым током потребления.



Незвирая на все твои усилия, твой первый гальванический элемент не сможет зажечь светодиод. И дело не в твоём недостаточном прилежании – от тебя здесь ничего не зависит, – есть фундаментальные причины из физики и химии, чтобы один-единственный медно-цинковый гальванический элемент не мог зажечь



2



светодиод. Тем не менее эта попытка была важна для получения необходимого опыта. Прояви выдержку и читай дальше: светодиод всё-таки будет гореть, я гарантирую это.

Все, что ты не можешь видеть, ты можешь измерить

Несмотря на то что твои глаза пока не видят, работает ли твоя лимонная батарейка, есть способ это проверить. В дальнейшем это будет происходить часто: вначале может показаться, что схема не работает. Но она действительно не работает, или ты просто не можешь видеть, что все получается? Люди не могут воспринимать электричество: у людей для этого нет подходящего органа чувств.



То, что ты не можешь видеть электричество, не значит, что ты не можешь его ощутить. Позднее я тебе покажу, что ты можешь попробовать электричество на вкус и, конечно, почувствовать. Кстати, смертельный удар током из розетки (не пробовать!!!), в принципе, тоже является своего рода восприятием с помощью чувств.

Люди разработали измерительные инструменты для почти всех вещей, с которыми мы сталкиваемся в жизни. Зрение, слух, осязание и даже обоняние могут быть заменены специальными приборами. Есть свои приборы и для измерения электричества. Универсальное и самое распространенное измерительное устройство для электротехников называется мультиметр (В России также распространено жаргонное «тестер». – *Прим. ред.*). С помощью этого прибора ты можешь сделать электричество видимым и измеримым. В дальнейшем мы более подробно расскажем, как он функционирует и что именно ты им измеряешь. Сейчас, однако, вернёмся к лимонной батарейке.

Эксперимент

- Вставь элемент питания (как правило, это элемент с напряжением 9 вольт, типа «Крона») в мультиметр, если ты его используешь в первый раз.
- Вставь измерительные провода в гнезда мультиметра. Красный провод вставляется в гнездо, обозначенное буквой «V» (как правило, красного цвета). Черный провод вставляется в гнездо с подписью «COM».

- Включи мультиметр. Для этого у большинства приборов есть большой поворотный переключатель, с помощью которого также выбирается тип измерений и диапазон измеряемой величины. В этом случае перейди к следующему шагу.
- Установи переключателем область измерений на напряжение до 20 вольт. Для этого проверни переключатель на показание «20» в секторе, который обозначен буквой «V» и знаком равенства («=») или аналогичным символом. Не используй сектор, где вместе с «V» приведена волнистая линия («~»). Если у тебя мультиметр с автоматическим выбором предела измерений, тогда просто выбери переключателем измерение напряжений (переключатель в положении «V»).
- Сейчас на экране отображается число. Абсолютно нормально, если это число – не точно 0,00 и данное значение постоянно немного меняется.



Чтобы отделить десятичные цифры, вместо запятой на экране используется точка. Это связано с тем, что такой способ написания принят в англо-американском регионе. Если в России принято писать, например, «2,43», американцы пишут «2.43».



2



Если все в порядке, образцовое значение напряжения для медно-цинкового элемента в лимоне составляет 0,96 вольта (В)

С помощью мультиметра ты можешь измерить напряжение, которое производится твоим гальваническим элементом. Подключи клеммы с «крокодилами» не к светодиоду, а к измерительным проводам. Вообще говоря, полярность подключения (т. е. куда красный, а куда черный) не имеет особого значения для этого опыта. В любом случае, взглянув на экран, ты определишь величину напряжения. Должно получиться примерно 0,7–0,8 вольта с положительным или отрицательным знаком. Если перед числом стоит знак «минус», поменяй провода местами – знак изменится (мультиметр автоматически определяет полярность напряжения, если красный провод идет на медный электрод, должен быть знак «плюс»). В зависимости от того, какой фрукт и какие металлы ты используешь, можно увидеть различные показатели. В конце главы я предлагаю выполнить небольшое упражнение. Проведи эксперимент с различными фруктами и металлами и запиши результаты в таблице. Я уже записал результат первого измерения и несколько советов.

Фрукт	1-й металл	2-й металл	Напряжение
Лимон	Оцинкованный гвоздь	Медная проволока	0,96 В
Лимон	Оцинкованный гвоздь	Медная советская монета	
Кислое яблоко	Оцинкованный гвоздь	Медная проволока	

Фрукт	1-й металл	2-й металл	Напряжение
Сладкое яблоко	Оцинкованный гвоздь	Медная проволока	
Картофель	Алюминиевая фольга	Медная советская монета	
	Офисная скрепка		
	Латунь (кнопка)		
	Свинец (паяльное олово)		

Как видишь, ты можешь использовать различные продукты, и гальванический элемент действительно производит напряжение. Как правило, чаще всего используются лимоны или картофель, однако ты можешь попробовать и другие овощи. Говоря о металлах, тут тоже достаточно места для фантазии. Настоящий исследователь никогда не устает выдумывать интересные комбинации и записывать их в журнал эксперимента. Записанный опыт = усвоенный опыт; к записанным данным эксперимента всегда можно вернуться, чтобы оценить сделанное или похвастаться перед восторженными поклонниками.

Не используй драгоценные металлы. В зависимости от того, какой металл ты используешь, металл может изменить свой цвет, и это будет уже навсегда. Таким образом, руки прочь от ящика со столовыми приборами, обручальных колец твоих родителей или коллекции монет.

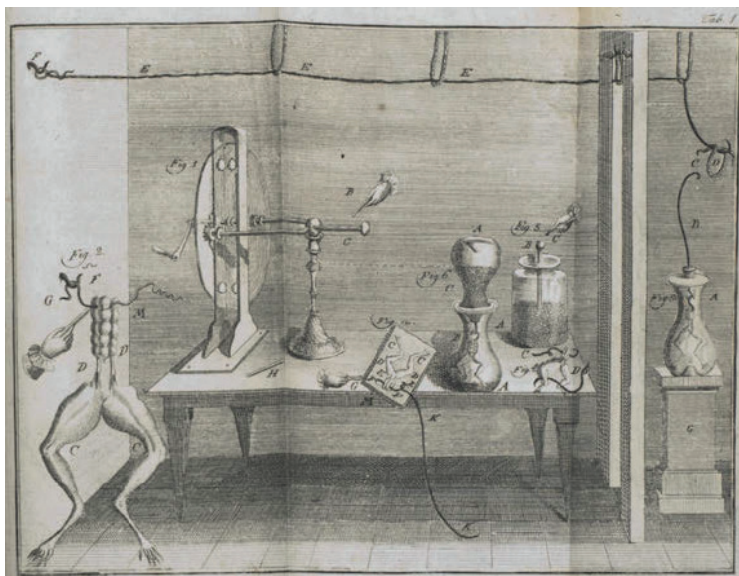


Тот факт, что светодиод не горел в твоём первом эксперименте, означает, что недостаточно не только напряжения, но и тока, произведенного отдельным гальваническим элементом. Однако мультиметр в состоянии измерять маленькие значения и показать, что напряжение действительно есть. Для того чтобы понять, почему это так, нам придется совершить небольшое погружение в историю и узнать нечто новое о том, за счет чего образуется электрический ток в гальваническом элементе.

2

Луиджи Гальвани открывает основы электрохимии

Но как же функционирует такая батарея? Для этого нам необходимо перенестись в 1780 год и увидеть немного неприятный эксперимент: итальянский врач Луиджи Гальвани заметил, что отрезанная лапка лягушки, которая контактировала одновременно с медью и железом, постоянно вздрагивала. Сам Гальвани не мог тогда до конца осознать принципов, лежащих в основе этих явлений, однако сейчас мы вспоминаем его, говоря о *гальванических* элементах, к которым принадлежат и батареи.



Эксперимент Луиджи Гальвани с лягушачьей лапкой



Возможно, не стоит самому проводить опыты с животными, и, наоборот, тебе не стоит самому воспроизводить опыт Гальвани. И хотя эксперимент выглядит жестоким, нельзя забывать, что несчастные лягушки приняли героическую смерть во славу науки. В том числе благодаря таким экспериментам люди смогли осознать те физические и химические законы, которые лежат в основе современной технологической цивилизации.

Наблюдения Гальвани предшествовали опытам Бенджамина Франклина (помимо этого, он был одним из отцов-основателей Соединенных Штатов Америки). Однако в области

физики он получил известность своими экспериментами с электричеством и молниями. На известной картине мы видим, как он улавливает молнию с помощью летящего воздушного змея.

Сцена с воздушным змеем и ключом во время непогоды не подтверждена исторически. Тем не менее поднимать воздушного змея в воздух в непогоду смертельно опасно, поскольку молния может действительно попасть в змея и «побежать» по его шнуру. Из-за этого ты можешь пострадать от смертельного удара молнии, поэтому не повторяй этот опыт! (Заметим, что опыты М. В. Ломоносова по «улавливанию» молний документально подтверждены, и сами грозоизмерительные установки его конструкции реально существовали. К сожалению, опасность их вполне подтвердилась: 26 июля 1753 года при сильном близком разряде молнии рядом с такой установкой погиб друг и коллега Ломоносова – академик Г. В. Рихман. – *Прим. ред.*)



Рисунок Бенджамина Уэста: «Бенджамин Франклин тянет электричество с неба» (ок. 1816 г.)

Однако после открытия Гальвани до первой пригодной к использованию батареи прошло еще примерно 20 лет.

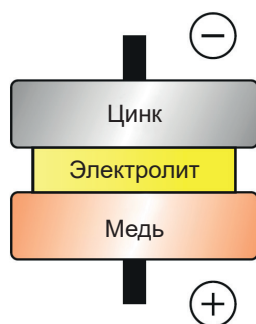
2

Исследователь Алессандро Вольта не разделял заключений, сделанных Гальвани в процессе экспериментов. Он поставил собственные опыты и разработал «Вольтов столб», который считается прототипом всех современных батарей. Исследования Вольты были такими новаторскими и значительными, что его имя почитается всеми исследователями и используется для единицы измерения электрического напряжения.



Вольтов столб, разработчик: Луиджи Кьеза, CC BY-SA 3.0

Вольта сделал то же самое, что и ты во время эксперимента с лимонной батареей: он соорудил гальванические ячейки. Отдельная ячейка состоит из трех частей: двух металлов (называются электродами) и одного электролита.

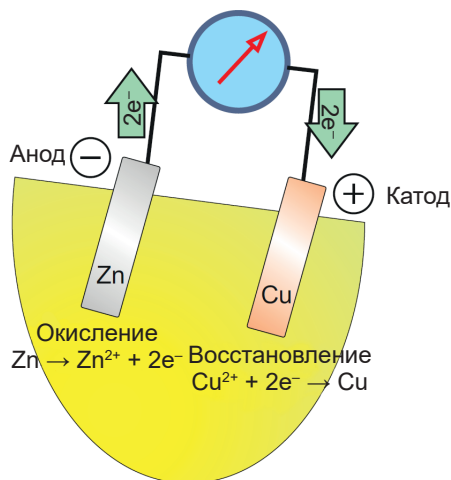


Отдельная гальваническая ячейка

Вольтов столб имеет ту же проблему, которая возникла и у тебя: светодиод не может загореться, получая питание только от одной ячейки. Для повышения отдаваемого напряжения столб состоит из нескольких элементов. В конце этой главы мы повторим данный опыт.

Рассчитаем напряжение ячейки

Электролитом называют химически активную среду, которая содержит заряженные частички (ионы) различных химических элементов с положительным или отрицательным зарядом. Известны электролиты, находящиеся в твёрдом или жидком состоянии, жидкие электролиты могут представлять собой растворы. В нашем эксперименте роль электролита играла жидкость в овоще или фрукте, содержащая кислоту и воду. Два электрода должны быть сделаны из различных металлов, чтобы между электродами возник электрический ток и ионы с одного из электродов начали переходить в электролит. Металлы, способные вступать в электрохимические реакции и выделять ионы (это называется окисление) либо поглощать ионы (это называют восстановлением) из электролита, называются неблагородными металлами. Проводник, контактирующий с электролитом и содержащий такой металл, называется **электродом**. Если на какое-то достаточно продолжительное время оставить гальванический элемент в собранном состоянии, то можно будет увидеть, что металл (например, оцинкованный гвоздь) меняет свой цвет: происходит химическая реакция. Цинк растворяется, и каждый его атом, который переходит в жидкость в виде иона цинка, отдаёт два электрона. В цинковом электроде возникает избыток электронов, и поэтому они образуют отрицательный полюс. Электроны движутся от отрицательного к положительному полюсу. В то же самое время благодаря химической реакции вблизи медного электрода снижается количество ионов меди (происходит восстановление). Такой недостаток ионов меди компенсируется объемом электронов, отходящих от меди. Электрод гальванической ячейки, на котором происходит окисление, называется **анодом**. Электроды движутся от анода к электроду, где происходит восстановление, – он называется **катод**.



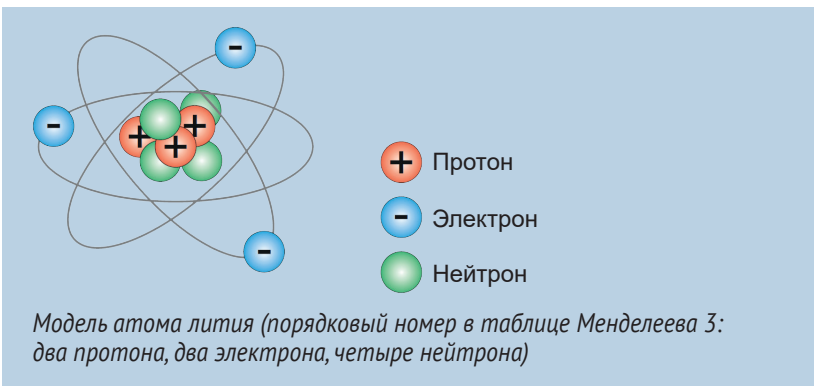
Химическая реакция и поток электронов в лимонной батарее



Атомы представляют собой строительные элементы, из которых состоят все твёрдые, жидкие или газообразные вещества. Раньше предполагали, что атомы являются наименьшими частицами вещества. Со временем ученые открыли, что атомы состоят из различных элементарных частиц существенно меньшего размера.

Молекулы – это элементарные наименьшие частицы веществ, сохраняющие все их характерные химические свойства; молекулы, как правило, состоят из нескольких атомов, связанных друг с другом за счет прочных связей.

Атомы состоят из заряженных частиц: протонов и электронов – и некоторого количества частиц без электрического заряда – нейтронов. Порядковый номер в периодической системе элементов указывает на количество протонов в ядре атома. Количество нейтронов не обязательно равно количеству протонов, но достаточно близко к нему. В нейтральном, или, как говорят, неионизованном, состоянии количество протонов в атомах и молекулах совпадает с количеством электронов. Однако если количество протонов и электронов не совпадает между собой, то есть атом или молекула содержит больше протонов или больше электронов, они получают электрический заряд и называются **ионами**. При записи выражений для ионно-химических или ядерных реакций электрон записывают буквой «e» (буква «e» со знаком минус над ней). Соответственно, два электрона записываются как « $2e^-$ ». Если в ионе не хватает электронов, то ион положительно заряжен (протонов больше). Если электронов больше, чем протонов, то ион приобретает отрицательный заряд.



В зависимости от того, какие два разных металла используешь, в гальваническом элементе возникают различные напряжения. Ряд электрохимических потенциалов металлов позволяет определить, какой из металлов в гальванической паре будет анодом, а какой – катодом и сколь велико будет напряжение разряда в такой паре. В приведенных ниже таблицах перечислены электрохимические потенциалы нескольких наиболее употребительных металлов:

Благородный металл (восстановление)	Стандартный потенциал, E°
Золото	+1,40...+1,69 В
Серебро	+0,80 В
Железо	+0,77 В
Медь	+0,16...+0,35 В
Олово	+0,15 В

Неблагородный металл (окисление)	Стандартный потенциал, E°
Железо	-0,04 В
Латунь	-0,14 В
Цинк	-0,76 В
Алюминий	-1,66 В
Литий	-3,04 В

Как видишь, один и тот же металл (например, железо) может оказаться восстановительным металлом (анодом) в одной гальванической паре и окисляющимся (катодом) металлом в другой. Все зависит от того, с каким металлом ты его объединишь. Очень распространенной гальванической парой является медь и цинк (элемент Даниэля–Якоби), поскольку легко купить оба металла и они безопасны. После того как ты считаешь разницу электрохимических по-

2

тенциалов двух различных металлов, ты получишь максимальное напряжение, которое теоретически ты сможешь получить на гальваническом элементе.

$$\Delta E^\circ = E_{red}^\circ - E_{ox}^\circ$$

Хотя на этом уровне объяснения не очень понятно, откуда берётся эта формула и значения электрохимических потенциалов, но применяется очень просто.

Выражение для гальванической пары медь–цинк выглядит таким образом:

$$+0,35 \text{ В} - (-0,76 \text{ В}) = 0,35 \text{ В} + 0,76 \text{ В} = 1,11 \text{ В}.$$

Итак, твой гальванический элемент может максимум «произвести» 1,11 В. На практике эту величину трудно достичь, поскольку у тебя нет чистых металлов и высококачественного раствора электролитов (а есть только лимонная кислота). Как ты видишь, при использовании лития можно получить очень высокие напряжения. Совместно с двуокисью марганца (LiMnO_2) в качестве катода широко распространённые батареи на основе лития создают напряжение от приблизительно 3,0 до 3,5 В.

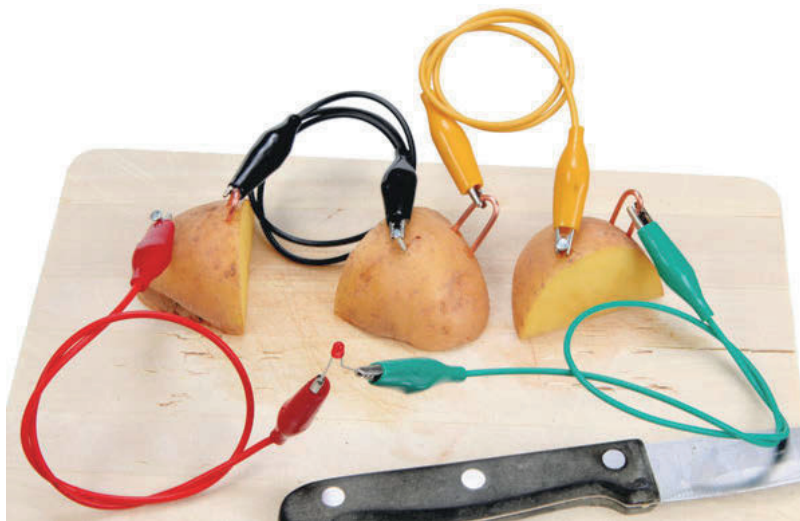
Самый большой недостаток всех гальванических ячеек, как и, собственно, самых обычных батареек, – это их некоторый «износ», который наступает в определённый момент. Это знакомо тебе при использовании карманного фонарика: яркость постепенно снижается, и в определённый момент лампа не загорается вообще. Также и батарея в твоём мультиметре когда-либо разрядится. Поэтому всегда выключай прибор, когда он тебе не нужен и если у него нет функции автоматического отключения. Проблема с «пустыми» батареями заключается в том, что ячейка достигла химического равновесия и невозможно растворять дополнительные ионы. Из-за разрушения материала электродов в процессе химической реакции (это проявляется окрашиванием цинкового электрода) батарею нельзя зарядить обратно.

Сейчас мы действительно включим светодиод

Теперь, вооруженный новым знанием, ты сможешь сделать то, что когда-то сконструировал Вольта: построй Вольтов столб. Если одной гальванической ячейки недостаточно для включения светодиода, нам необходимо установить еще парочку. Вместо сооружения столба из дисков, как это сделал Вольта, мы пойдем в ширину и используем при этом проверенные лимоны и картофель.

Эксперимент

- Сооруди три или четыре гальванические ячейки: как и раньше, каждая отдельная ячейка состоит из одного овоща или фрукта, в который ты вставляешь два различных металла. Как ты, возможно, заметил во время экспериментов, картофель вполне для этого подходит. При совместном его использовании с медной проволокой и оцинкованными гвоздями можно достичь хороших результатов, однако ты можешь взять и другие материалы, которые имеются в наличии в каждый определенный момент.
- Объедини три элемента с помощью проводов с зажимами. Соедини цинковый элемент на первой картофелине с медью на второй картофелине.
- Цинк на второй картофелине соединяется с медью на третьей картофелине.
- Медный электрод на первой картофелине образует катод (положительный полюс) твоей батареи. Подключи его к длинному штырьку слаботочного светодиода.
- Цинковый электрод все ещё свободен на третьей картофелине. Он образует минусовой полюс (анод) батареи. Соедини цинковый электрод с коротким штырьком светодиода.



Если все сделано правильно, то светодиод будет светиться (но слабо). Возможно, тебе придется закрыть его руками или выключить свет, чтобы лучше рассмотреть. Если све-

2

одиод еще не светится, ты можешь соорудить четвертую ячейку из картофеля и добавить ее в линию к другим ячейкам. Для этого соедини цинковый электрод третьей картофелины с медным электродом четвертой и подключи короткий штырек светодиода к медному электроду четвертой картофелины.

Эксперимент

Используя мультиметр, измерь напряжение на гальванических элементах. Для этого подключи оба измерительных провода вместо светодиода и, как и раньше, выбери область напряжения до 20 В. Вполне возможно, что ты увидишь напряжение порядка 2,50 В.



На трех гальванических элементах из картофеля можно получить напряжение в 2,36 В. Можно ли улучшить этот результат и получить более высокое напряжение?

Батареи вместо огорода

Как видишь, опыты с гальваническими элементами были очень интересными, показав тебе, насколько простым может быть вопрос электричества. Однако батареи из картофеля непрактичны. Возня с капающими фруктами – достаточно грязное дело, которое к тому же достаточно ненадежное и недолговечное. Хорошо, что существуют батарейки. Как ты уже смог понять, внутри них находится гальванический

элемент; однако его конструкция настолько совершенна, что батарея отдает гораздо больше «силы», является более долговечной и, конечно, более удобной в использовании.

Особый тип батарей представлен аккумуляторами: это фактически те же батареи, но их можно перезарядить. Если аккумулятор разряжен, его можно снова зарядить с помощью зарядного устройства. Если ты подключишь мобильный телефон к зарядному устройству, его аккумулятор заряжается.

Ни в коем случае не вставляй обычные батарейки в зарядное устройство для аккумуляторов: батарейка может взорваться от перегрева и причинить вред. Если тебе сложно сделать выбор между аккумуляторами и батарейками, я ещё раз напомню, что для наших экспериментов в этой книге не рекомендую использовать аккумуляторы.



Свой тип для каждого

Существует много различных видов батареек и аккумуляторов. Если ты немного покопаешься в доме, то точно сможешь найти и маленькие, и большие разновидности батареек. Некоторые батарейки – «квадратные», другие – «круглые», некоторые выглядят как серебряные пуговицы, а в мобильном телефоне, как правило, можно увидеть плоские аккумуляторы черного цвета. Если разрядилась батарейка от пульта дистанционного управления телевизором, начинается лихорадочный поиск подходящей батарейки для замены, и как-то так получается, что постоянно хватаешь не те. Это один из законов Мерфи.



Батарея 9 вольт «Крона», батарейка «миньон», микробатарея, обычная маленькая батарейка и кнопочные батарейки

2



Закон Мерфи гласит: «Любая неприятность, которая может случиться, обязательно произойдет». Полная версия закона: «Если существует множество возможностей для решения задачи и одна из них заканчивается аварией или приводит к каким-либо нежелательным последствиям, у кого-то это случится именно так». У этой теоремы есть масса вариантов, и один из них такой: ты никогда не найдешь батарейку, которая нужна именно сейчас.

Зачем же существует так много различных разновидностей батарей? Ранние батареи были большими и громоздкими. Это позволяло быть уверенным в том, что батарея держит нужное напряжение какое-то время и имеет достаточную емкость. Однако, со временем, технологии производства батареек становились все лучше и лучше, особенно в результате научных исследований, когда изобрели более эффективные соединения металлов и электролиты для гальванических элементов батареек. При этом батарейки становились все меньше и меньше. Кроме этого, отдельные гальванические элементы батареек стали давать напряжение, которое до этого казалось недостижимым. Если в прибор поставить батарейку, которая подает слишком высокое напряжение, то прибор может быть поврежден. Чтобы этого не произошло, существует много различных схемных и конструкционных решений.



Конструкция угольно-цинковой батарейки из цинка и угля – с разрешения «VARTA Consumer Batteries GmbH & Co.»

В таблице приведено несколько типов известных тебе батареек с названиями. Существует масса различных наименований, где не все, конечно, являются официальными, но широко распространены.

Номинальное напряжение в В	Размеры в мм (примерные)	Стандарт IEC	Стандарт ANSI	Неофициальное наименование
1,5	61 × Ø 34	(L)R20	D	Магнитофонная
1,5	50 × Ø 26	(L)R14	C	Часовая
1,5	50 × Ø 14	(L)R6	AA	Пальчиковая
1,5	44 × Ø 10	(L)R03	AAA	Мизинчиковая
9	48 × 26 × 17	6F22/ 6LR61	9V	«Крона»
1,35–3,0				Плоская литиевая

Внутри крупных батареек часто скрываются более мелкие батарейки, объединенные друг с другом. На рисунке показан внешний вид батареек 9 В («Крона») при снятой верхней крышке. Не делай этого сам!



Очень распространены прежде всего цилиндрические батарейки. При этом чем «толще и больше» батарейка, тем больше мощности она дает. То есть при подключении к той же самой электрической схеме она прослужит дольше, по сравнению с маленькой батарейкой. Поскольку для большинства наших опытов напряжения в 1,5 В совершенно недостаточно, нам нужна батарейка, которая может дать большее напряжение. До недавнего времени существовали плоские батарейки с напряжением 4,5 В, и они как раз неплохо подошли бы для нас. Но такие батарейки оказались слишком громоздкими и неудобными для подключения, их значение было утеряно, и сейчас их вряд ли можно где-то приобрести. Поэтому мы будем использовать практичную и легкодоступную батарейку типа «Крона» с напряжением 9 В.