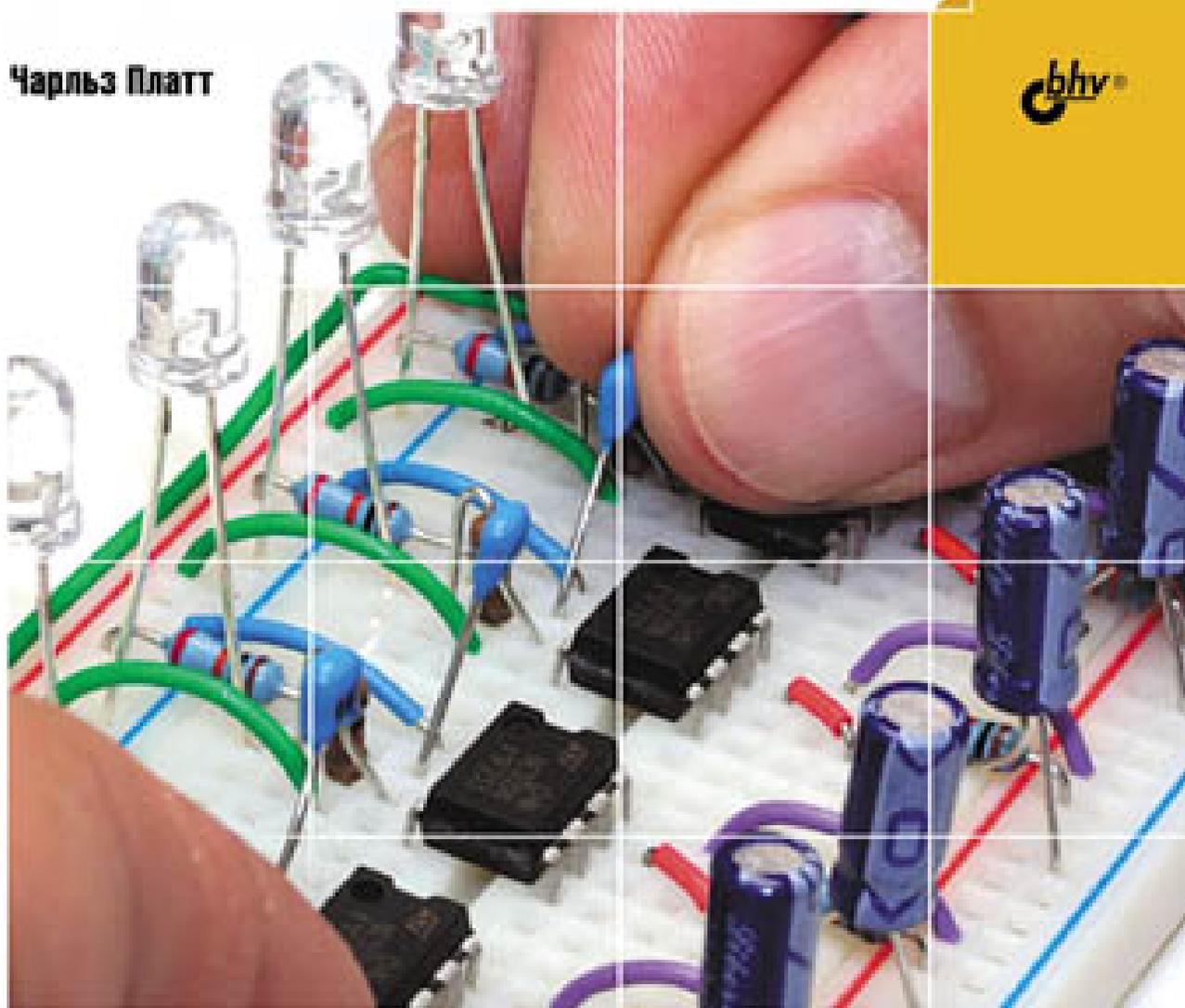


Электроника для начинающих

Чарльз Платт



bhv

- Обучение в ходе экспериментов
- Пошаговые инструкции
- Более 500 фотографий и рисунков

Make:
makezine.com

O'REILLY
oreilly.com

УДК 621.382
ББК 32.85
П37

Платт Ч.

П37 Электроника для начинающих: Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 480 с.: ил. — (Электроника)

ISBN 978-5-9775-0679-3

В ходе практических экспериментов рассмотрены основы электроники и показано, как проектировать, отлаживать и изготавливать электронные устройства в домашних условиях. Материал излагается последовательно от простого к сложному, начиная с простых опытов с электрическим током и заканчивая созданием сложных устройств с использованием транзисторов и микроконтроллеров. Описаны основные законы электроники, а также принципы функционирования различных электронных компонентов. Показано, как изготовить охранную сигнализацию для защиты от проникновения в дом, елочные огни, электронные украшения для одежды, устройство преобразования звука, кодовый замок, автономную роботизированную тележку и др. Приведены пошаговые инструкции и более 500 наглядных рисунков и фотографий.

Для начинающих радиолюбителей

УДК 621.382
ББК 32.85

Группа подготовки издания:

Главный редактор *Екатерина Кондукова*
Зам. главного редактора *Игорь Шишигин*
Зав. редакцией *Григорий Добин*
Перевод с английского *Бориса Бондаренко, канд. физ.-мат. наук*
Редактор *Юрий Рожко*
Компьютерная верстка *Артура Каретина*
Корректор *Наталья Першакова*
Оформление обложки *Марины Дамбиевой*

© BHV-St.Petersburg, 2012

Authorized Russian translation of the English edition of Make: Electronics, 1st Edition. ISBN: 978-0-596-15374-8. Copyright © 2009, Helpful Corporation. This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

Авторизованный перевод английской редакции книги Make: Electronics, 1-е издание. ISBN: 978-0-596-15374-8. Copyright © 2009, Helpful Corporation. Перевод опубликован и продается с разрешения O'Reilly Media, Inc., собственника всех прав на публикацию и продажу издания.

Подписано в печать 06.04.12.
Формат 84×108^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 50,4
Тираж 2000 экз. Заказ №
«БХВ-Петербург», 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Первая Академическая типография «Наука»
199034, Санкт-Петербург, 9-я линия, 12/28.

ISBN 978-0-596-15374-8 (англ.)
ISBN 978-5-9775-0679-3 (рус.)

© 2009, Helpful Corporation
© Перевод на русский язык «БХВ-Петербург», 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБ АВТОРЕ	IX
Как получить удовольствие при чтении этой книги	xi
Изучай, совершая открытия	xi

ПРЕДИСЛОВИЕ	XI
Насколько сложным это будет?	xii
Ориентация по тексту этой книги	xiii
Фундаментальные сведения	xiv

БЛАГОДАРНОСТИ.....	XVII
---------------------------	-------------

ГЛАВА 1 ПОЛУЧЕНИЕ ОПЫТА В ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОНИКИ... 1

Список необходимых покупок для экспериментов с 1 до 5	1
Эксперимент 1. Проверьте напряжение на вкус!	6
Эксперимент 2. Давайте сожжем батарейку!	11
Эксперимент 3. Ваша первая схема.....	18
Эксперимент 4. Изменение напряжения	23
Эксперимент 5. Давайте сделаем батарейку	43

ГЛАВА 2 ОСНОВЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ И МНОГОЕ ДРУГОЕ53

Список необходимых покупок для экспериментов с 6 по 11	53
Эксперимент 6. Очень простое переключение	58
Эксперимент 7. Включение светодиодов с помощью реле.....	73
Эксперимент 8. Релейный генератор	81
Эксперимент 9. Время и конденсаторы	90
Эксперимент 10. Транзисторное переключение.....	97
Эксперимент 11. Модульный проект	110

ГЛАВА 3 ОБРАЩЕНИЕ К БОЛЕЕ СЕРЬЕЗНЫМ ВЕЩАМ.....125

Список необходимых покупок для экспериментов с 12 по 15	125
Эксперимент 12. Соединение двух проводов вместе	136
Эксперимент 13. Сжигание светодиода	150
Эксперимент 14. Пульсирующий свет	154
Эксперимент 15. Переработанная схема охранной сигнализации... 168	

ГЛАВА 4 МИКРОСХЕМЫ, ПРИВЕТ!.....	195
Список необходимых покупок для экспериментов с 16 по 24.....	195
Эксперимент 16. Генерирование импульсов	204
Эксперимент 17. Установка тональности звука	219
Эксперимент 18. Таймер для определения реакции человека	232
Эксперимент 19. Изучение логики.....	253
Эксперимент 20. Кодовый замок.....	277
Эксперимент 21. Игра с равными шансами на победу.....	289
Эксперимент 22. Переключение и дребезг	300
Эксперимент 23. Игра в кости	305
Эксперимент 24. Завершенная охранная сигнализация.....	317
ГЛАВА 5 ЧТО ДАЛЬШЕ?	323
Список необходимых покупок для экспериментов с 25 по 36.....	324
Организация вашего рабочего места.....	324
Источники информации.....	331
Эксперимент 25. Магнетизм	335
Эксперимент 26. Настольный генератор напряжения.....	340
Эксперимент 27. Вскрытие динамика	344
Эксперимент 28. Процесс реагирования катушки индуктивности.....	348
Эксперимент 29. Фильтрация частот.....	352
Эксперимент 30. Фузз.....	362
Эксперимент 31. Ни какой пайки, ни какого источника питания — только одно Радио!.....	369
Эксперимент 32. Маленькая роботизированная тележка.....	378
Эксперимент 33. Передвижение шагами.....	402
Эксперимент 34. Аппаратное обеспечение встречает программное обеспечение	416
Эксперимент 35. Проверка реального мира	436
Эксперимент 36. Кодовый замок, повторное обращение	443
Источники продаж через Интернет и сайты производителей.....	453
ПРИЛОЖЕНИЕ	453
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	457

ПОЛУЧЕНИЕ ОПЫТА В ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОНИКИ

Глава 1

Я хочу дать почувствовать вам вкус к электронике — буквально! — при выполнении первого эксперимента. В этой главе книги вы узнаете:

- как с полным пониманием выполнять измерения основных электрических величин;
- как обращаться и как соединять элементы схемы не допуская воздействия на них больших нагрузок, а также не повреждая и не выводя их из строя.

Даже если вы уже имеете какие-либо предварительные знания в электронике, все равно будет очень полезно, если вы выполните эти эксперименты перед началом своего путешествия по всем остальным страницам этой книги.

СПИСОК НЕОБХОДИМЫХ ПОКУПОК ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С 1 ДО 5

Если вы хотите уменьшить количество посещений магазина или количество покупок через Интернет, то посмотрите списки того, что надо купить, в остальных частях книги и, объединив их, купите все сразу целиком.

В этой главе для каждого инструмента и компонента, которые мы будем использовать, я приведу все номера деталей и места, где их можно купить (более подробную информацию о поставщиках см. в *Предисловии*). Впоследствии я не думаю, что вам потребуется специальная информация такого рода, поскольку вы уже получите свой собственный опыт поиска необходимых позиций.

В этой главе

Список необходимых покупок для экспериментов с 1 по 5

Эксперимент 1.
Проверьте напряжение на вкус!

Эксперимент 2.
Давайте сожжем батарейку!

Эксперимент 3.
Ваша первая схема

Эксперимент 4.
Изменение напряжения

Эксперимент 5.
Давайте сделаем батарейку

Примечание

Компания *Maker Shed* (www.makershed.com) разместила на сайте ряд сопутствующих наборов *Make: Electronics* (Электроника своими руками). В эти наборы входят все необходимые инструменты и компоненты, используемые в экспериментах, описанных в данной книге. Приобретение таких наборов — это быстрый, простой и экономичный способ получения всего того, что необходимо для выполнения всех устройств, описанных в этой книге.

Приборы и инструменты

Маленькие плоскогубцы

RadioShack Kronus 4,5 дюйма, номер детали 64–2953 или длинноносые мини-плоскогубцы Xcelite 4 дюйма, модель L4G.

Или аналогичные им компоненты (рис. 1.1–1.3). Ищите эти инструменты в хозяйственных магазинах или в местах, которые перечислены в *Предисловии*. Торговая марка (бренд) не имеет значения. После какого-то времени их использования у вас появятся свои собственные предпочтения. Практически вы должны решить только один момент — нравится ли вам работать с подпружиненными ручками или нет. Если вы решили, что нет, то вам наверняка понадобится вторая пара плоскогубцев, чтобы вынуть пружины из первой.



Рис. 1.1. Стандартные длинноносые тонкогубцы это основной инструмент, который используется для фиксации, изгиба и захвата упавших деталей

Кусачки

RadioShack Kronus 4,5 дюйма, номер детали 64–2951 или Stanley 7 дюймов модель 84–108.

Или аналогичные им компоненты. Следует использовать их для перекусывания медных проводов, а не проволоки из более твердых металлов (рис. 1.4).

Мультиметр

Модели Extech EX410, или ВК Precision 2704-В, или Amprobe 5XP-A, или аналогичные им компоненты. Поскольку электричество невидимо, нам нужен инструмент для визуализации



Рис. 1.2. Длинноносые тонкогубцы: они очень полезны для работы в местах с ограниченным доступом



Рис. 1.3. Плоскогубцы с острыми носиками были сконструированы для изготовления ювелирных изделий, но также полезны и для захвата компонентов малого размера



Рис. 1.4. Кусачки для проводов, иногда именуемые бокорезами, также очень важны

разности потенциалов (напряжения) и протекающего тока (силы тока), а тестер это единственный способ решить эту проблему. Для ваших начальных экспериментов будет вполне достаточно возможностей недорогого тестера. Если вы покупаете его через Интернет, то надо посмотреть, что пишут о продавце, поскольку надежность купленного недорогого товара может оказаться под большим вопросом. Вы можете приобрести этот товар в розничных магазинах, которые предлагают наилучшую цену. Не следует забывать о поиске на интернет-аукционе eBay.

Измерительный прибор может быть цифровым, но не следует забывать и об устаревшем аналоговом приборе со стрелкой, которая перемещается вдоль установленной шкалы с нанесенными на нее делениями. В этой книге предполагается, что вы пользуетесь прибором с цифровым дисплеем.

Я полагаю, что вы не станете покупать прибор с автоматической настройкой диапазона измерения. «Автоматическое изменение диапазона» звучит, как нечто полезное, например, когда



Рис. 1.5. На моем собственном любимом мультиметре вы можете заметить следы износа и даже царапины. У него есть все необходимые основные функции, и он может измерять емкость (диапазоны обозначены буквой «F»). Кроме того, с его помощью можно проверить исправность транзисторов. Однако при работе с этим мультиметром диапазоны измерения надо устанавливать вручную



Рис. 1.6. Мультиметр RadioShack из среднего ценового диапазона, который имеет все основные функции; однако имеется двойное назначение каждой позиции дискового переключателя, уточняемое с помощью кнопки SELECT, что, безусловно, приводит к некоторым трудностям. Тем не менее этот прибор имеет автоматическое определение диапазона измерения



Рис. 1.7. Мультиметр, произведенный компанией Extech, имеет автоматическое определение диапазона измерения, обладает всеми основными функциями. Кроме того, в приборе имеется датчик температуры, который может быть полезен для определения температуры разогрева некоторых компонентов, например блоков питания

вы хотите проверить батарейку напряжением 9 В, то такой прибор сам определит, что вы не пытаетесь измерить напряжением величиной в сотни вольт, а также величиной доли вольт. Проблема состоит в том, что это может стать причиной совершения вами ошибок. А что если батарейка уже почти разряжена? Тогда при измерении вы можете получить в результате доли вольт, не понимая, что вы на самом деле меряете. Единственная выводимая информация, на которую при этом можно легко не обратить внимание, это небольшая буква «m», которая в данном случае будет указывать на «милливольты» и будет находиться на дисплее мультиметра справа от больших цифр.

Если же у вас прибор с ручным выбором диапазона измерения, а источник измеряемого напряжения имеет напряжение за пределами установленного диапазона, то мультиметр будет информировать вас о том, что вы делаете ошибку. Я предпочитаю именно этот вариант. Кроме того, меня раздражает то время, которое тратится прибором для срабатывания функции автоматического определения диапазона при каждом выполнении измерения. Однако все это относится к индивидуальным предпочтениям. На рис. 1.5–1.7 приведены примеры некоторых мультиметров.



Рис. 1.8. Разъем для подключения батарейки типа «Крона» напряжением 9 В

Расходуемые материалы

Батарейки

Батарейка типа «Крона» с напряжением 9 В. Количество — 1 шт.

Батарейка типа AA с напряжением 1,5 В. Количество — 6 шт.

Батарейки должны быть щелочными — они не создадут нам проблем при их утилизации, поскольку некоторые из них мы можем вывести из строя. Вы должны категорически отказаться от использования аккумуляторных батареек в *экспериментах 1 и 2*.

Держатели для батареек и разъемы

Разъем для подключения 9-вольтовой батарейки типа «Крона» с припаянными проводами (рис. 1.8). Количество — 1 шт. Номер детали 270–325 от RadioShack или аналогичные ей. Подойдет любой аналогичный разъем с присоединенными к нему проводами.

Держатель для одной батарейки типа AA с присоединенными к нему проводами (рис. 1.9). Количество — 1 шт. Номер детали 270–401 RadioShack или номер 12BH410-GR в каталоге на сайте компании Mouser Electronics или аналогичные им; подойдет любой держатель для одной батарейки с присоединенными проводами.

Держатель для четырех батареек типа AA с присоединенными проводами (рис. 1.10). Количество — 1 шт. Номер BH-342

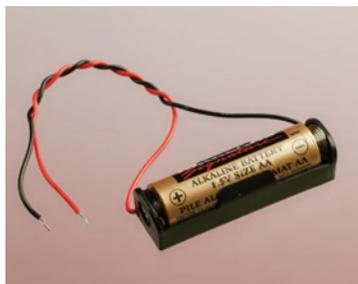


Рис. 1.9. Держатель для одной батарейки размера AA с присоединенными проводами

в каталоге All Electronics или номер 270–391 компании RadioShack или аналогичные им.

Зажимы типа «крокодил»

Зажимы типа «крокодил» с виниловой изоляцией (красные и черные). Количество — не менее 8 шт. По каталогу All Electronics номер ALG-28 или номер детали RadioShack — 270–1545 или аналогичные им (рис. 1.11).

Компоненты

Вы можете не знать для чего предназначены некоторые из этих деталей или что они делают. Поэтому пока обращайтесь внимание только на номера деталей и описания, а также на их соответствие тем деталям, которые изображены на фотографиях, приведенных в данной книге. В процессе изучения с помощью открытий смысл всех этих деталей очень скоро станет вам понятен.

Предохранители

Автомобильные с ножевыми контактами, с мини-лезвиями, на 3 А. Количество — 3 шт. Номер детали RadioShack — 270–1089 или деталь Bussmann — АТМ-3, которые доступны у таких поставщиков, как, например, AutoZone (рис. 1.12).

Подойдут и аналогичные им, однако предохранители с ножевыми контактами легче захватывать «крокодилами», чем предохранители круглого типа.

Потенциометры

С возможностью крепления на панели, роторного типа, однооборотные, с линейным изменением сопротивления, номиналом 2 кОм, мощностью не менее 0,1 Вт. Количество — 2 шт. Деталь Alpha — RV170F-10–15R1-B23 или деталь VI Technologies — P160KNPD-2QC25B2K по каталогу компании Mouser Electronics или других поставщиков компонентов (рис. 1.13).

Подойдут и аналогичные этим компоненты. Обозначение с отметкой «Ватт» (Ватты) означает максимальную мощность, которую может рассеять данный компонент. Вам не понадобятся потенциометры мощностью более 0,5 Вт.

Резисторы

Набор резисторов мощностью минимум 0,25 Вт, различного номинала, но обязательно должны быть в наличии сопротивлением 470 Ом, 1 кОм и 2 кОм или 2,2 кОм.



Рис. 1.10. Держатель для четырех батареек типа АА, которые должны быть подключены последовательно, создавая источник с напряжением 6 В



Рис. 1.11. Зажимы типа «крокодил» с виниловой цветной изоляцией, которая уменьшает вероятность случайного возникновения короткого замыкания



Рис. 1.12. Предохранитель номиналом 3 А, используемый в автомобильной промышленности; на рисунке показан в увеличенном масштабе



Рис. 1.13. Потенциометры продаются в разнообразном исполнении по форме и размеру, с различной длиной осей для разного типа ручек. Для наших целей годится любая форма, но с потенциометрами больших размеров легче обращаться

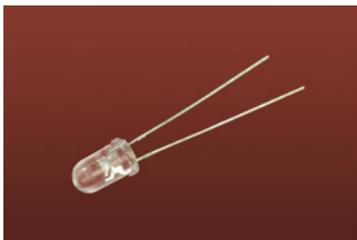


Рис. 1.14. Типичный светодиод диаметром 5 мм

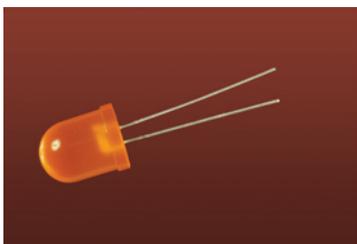


Рис. 1.15. Светодиод большого размера (диаметром 10 мм) обладает большой яркостью свечения, которая в данном случае не нужна, и к тому же такой светодиод стоит дороже. В принципе для большинства экспериментов, приведенных в этой книге, можно купить любые светодиоды, которые вам больше понравятся



Рис. 1.16. Шаг 1 в процессе обучения с помощью открытий: тестирование 9-вольтовой батарейки с помощью языка

Количество — не менее 100 шт., RadioShack номер детали 271–312.

Можно поискать в Интернете на аукционе eBay с запросом «resistor assorted» (резисторы различного номинала).

Светодиодающие диоды (светодиоды)

Светодиоды (*LED* — light-emitting diodes) любого размера или цвета (рис. 1.14 и 1.15). Количество — 10 шт. Номер детали RadioShack — 276–1622 или All Spectrum Electronics — K/LED1 в каталоге на сайте компании Mouser Electronics.

Подойдут и аналогичные им компоненты. Для первых экспериментов пригодятся любые светодиоды.

Эксперимент 1 ПРОВЕРЬТЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА ВКУС!

Можно ли ощутить на вкус электричество? Наверное — нет, но в данном случае, похоже, что вы это сможете сделать.

Вам понадобятся:

- батарейка типа «Крона» с напряжением 9 В;
- разъем для подключения батарейки;
- мультиметр.

Порядок действий

Смочите слюной ваш язык и коснитесь его кончиком металлических контактов 9-вольтовой батарейки. Резкое быстрое покалывание, которое вы почувствуете, будет связано с потоком электрических зарядов, перемещающихся от одного вывода батарейки к другому (рис. 1.16) по влаге, которой смочен ваш язык. Поскольку кожа вашего языка очень тонкая (это практически слизистая мембрана) и нервы расположены очень близко к его поверхности, вы можете очень легко ощутить этот поток.



Не более 9 В!

Батарейка с напряжением 9 В не представляет для вас какой-либо угрозы. Но не пытайтесь повторять этот эксперимент с батарейкой с более высоким напряжением или батарейкой большего размера, которая в состоянии поддерживать силу тока большой величины. Также, если у вас есть металлические коронки на зубах, то будьте очень внимательны, чтобы не коснуться их контактами батарейки.

После этого высуньте ваш язык, очень тщательно протрите его кончик салфеткой и повторите эксперимент, не допуская повторного увлажнения языка. Теперь покалывание уменьшится.

Что же произошло? Нам понадобится тестер, чтобы разобраться в этом.

Приборы и инструменты

Выполнение настройки вашего тестера

Прочитайте инструкции, которые имеются в комплекте поставки вашего мультиметра, чтобы определить нужно ли в него установить питающую батарейку или же он куплен с уже установленной батарейкой.

Большинство приборов имеют съемные *измерительные провода*, известные еще, как *измерительные щупы* или просто *щупы*. Кроме того, многие приборы имеют три гнезда на передней панели; крайнее левое обычно резервируется для измерения больших значений токов. В данном случае это гнездо нам не понадобится.

Измерительные провода обычно бывают черного и красного цвета (рис. 1.17). Вилка черного щупа вставляется в гнездо с отметкой «COM» или «Common» (общий). Вилка красного провода вставляется в гнездо с отметкой «V» или «volts» (вольты) (рис. 1.18).

Другие концы измерительных проводов имеют металлические острия, которые называют *иглами щупа* или *наконечниками щупа*, которыми надо касаться компонентов при выполнении электрических измерений. Наконечники щупа предназначены для измерения электрических параметров; они не являются источниками большого электрического заряда. Поэтому они не могут нанести вам какую-нибудь травму, если только вы не поранитесь об их кончики.

Если ваш мультиметр не имеет функции автоматического выбора диапазона измерений, то каждая позиция дискового переключателя режимов и диапазонов измерения соответствует определенному числу. Это число означает «не больше чем». Например, вы хотите проверить напряжение батарейки номиналом 6 В, а у переключателя диапазонов в разделе измерения напряжения «V»



Рис. 1.17. Вилка черного измерительного щупа вставляется в общее гнездо «COM» (Common), а вилка красного — в гнездо, которое обычно является самым правым гнездом мультиметра



Рис. 1.18. Чтобы измерить сопротивление и напряжение, нужно вставить черный измерительный провод в гнездо «COM», а красный в гнездо «V». Почти все мультиметры имеют отдельное гнездо, в которое вставляют красный измерительный провод только при необходимости выполнить измерение силы тока большой величины в амперах, но мы познакомимся с этой процедурой позднее

имеется позиция 2 и следующая за ней позиция 20 (см. рис. 1.5), позиция 2 означает, что «измеряемое напряжение не должно быть больше 2 вольт». Поэтому в данной ситуации вам надо переключиться на следующую позицию, которая означает, что «измеряемое напряжение не должно быть более 20 вольт».

Если же вы сделали ошибку и пытаетесь выполнить какое-либо неправильное измерение, то тестер отобразит сообщение об ошибке, например, «E» (error) или «L» (lapse). Измените положение переключателя и выполните измерение снова.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Омы

Мы измеряем расстояние в милях или километрах, вес в фунтах или килограммах, температуру в градусах Фаренгейта или Цельсия, а электрическое сопротивление в омах. Ом является международной единицей измерения (входит в систему СИ).

В международном обозначении сопротивления в омах используется греческая буква омега — « Ω », как это показано на рис. 1.19–1.20, а в русском обозначении «Ом». Буква «К» (или альтернативное обозначение « $K\Omega$ ») соответственно в русском обозначении «кОм») означает килоом, что равно 1000 Ом (табл. 1.1). Буква «М» (или « $M\Omega$ » — в русском обозначении «МОм») означает мегаом, что равно 1 000 000 Ом.

Таблица 1.1

Количество Ом	Обычно произносится, как	Сокращение в международном обозначении	Сокращение в русском обозначении
1000 ом	1 килоом	1K Ω или 1K	1 кОм
10 000 ом	10 килоом	10K Ω или 10K	10 кОм
100 000 ом	100 килоом	100K Ω или 100K	100 кОм
1 000 000 ом	1 мегаом	1M Ω или 1M	1 МОм
10 000 000 ом	10 мегаом	10M Ω или 10M	10 МОм

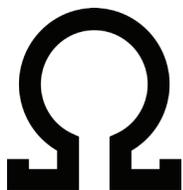


Рис. 1.19. Греческая буква омега используется в качестве международного обозначения сопротивления в омах

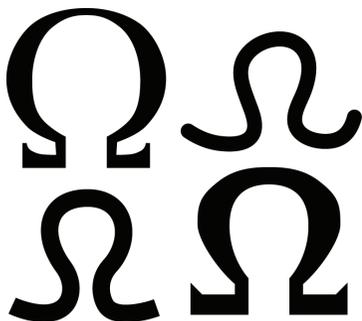


Рис. 1.20. Вы можете встретить различные виды изображения данного символа

Материал, о котором известно, что он обладает очень большим сопротивлением, называют *изолятором*.

Большинство пластмасс и синтетических материалов, включая цветное покрытие проводов, являются изоляторами.

А материал, который имеет очень низкое сопротивление, называют *проводником*.

Такие металлы, как медь, алюминий, серебро и золото, являются отличными проводниками.

Порядок действий при измерении сопротивления

Мы собираемся использовать мультиметр для определения сопротивления вашего языка. Сначала переключите прибор в режим измерения сопротивления. Если у него есть функция автоматического определения диапазона измерения, то вы увидите, что он отображает букву «К», что означает килоомы, или букву «М», что означает мегаомы. Если же вы должны установить диапазон вручную, то начинать нужно со значения не менее 100 000 Ом (100 кОм). Примеры выбора режима и диапазона измерения показаны на рис. 1.21.

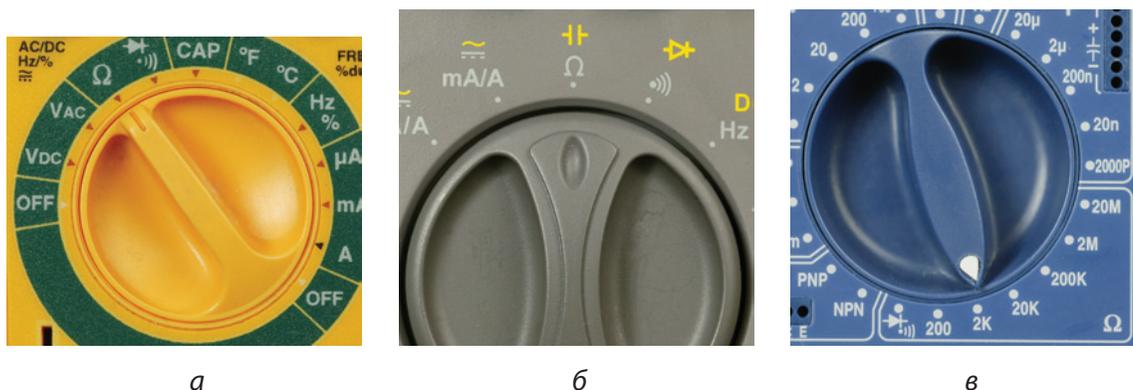


Рис. 1.21. Чтобы измерить сопротивление в омах, нужно повернуть переключатель режимов в положение для измерения сопротивления. На мультиметре этот режим обозначен греческой буквой омега — Ω . При использовании прибора с функцией автоматического выбора диапазона измерения (а и б) вы можете несколько раз нажать кнопку Range (диапазон) (см. рис. 1.6–1.7) для отображения различных диапазонов измерения сопротивления или просто прикоснуться концами измерительного щупа к резистору и дождаться пока прибор не выберет диапазон автоматически. В мультиметре с ручным выбором диапазона измерения (в) требуется установить переключатель диапазонов на соответствующее значение. Чтобы измерить сопротивление кожи вы должны установить диапазон «100К» или больше. Если же вам не удалось установить нужный диапазон, то следует попробовать другой

Коснитесь концами измерительных щупов вашего языка в точках, расстояние между которыми будет около одного дюйма (25,4 мм). Посмотрите на результат измерения, он должен быть около 50 кОм. Затем отложите измерительные щупы, высуньте язык и тщательно протрите его насухо. Не допуская повторного увлажнения языка, повторите тест, прибор в этом случае должен показать более высокое значение. Наконец, прикоснитесь концами измерительных щупов к вашей руке или кисти: вы можете вообще не получить каких-либо результатов до тех пор, пока не увлажните кожу руки.

В 9-вольтовой батарейке содержатся химические вещества, которые освобождают электроны (частицы-носители электрического заряда), создающие в результате химической реакции внутри корпуса батарейки ток от одной клеммы к другой. Для простоты внутреннее устройство батарейки можно представить

Примечание

Когда ваша кожа увлажнена (например, вашим потом), ее электрическое сопротивление уменьшается. Этот принцип используется в детекторе лжи, поскольку когда кто-либо лжет, вследствие стресса у него начинает выступать пот.

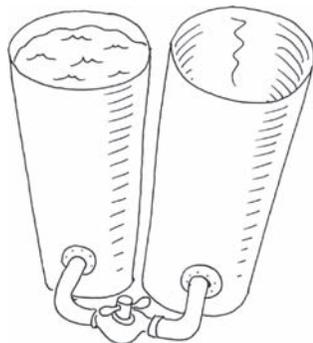


Рис. 1.22. Представьте внутреннее устройство батарейки в виде двух цилиндрических баков: один из них заполнен водой, а другой пустой. Откройте вентиль соединительной трубки между ними и поток воды будет проходить по ней до тех пор, пока уровни в обоих баках не сравняются. Чем меньше сопротивление испытывает вода при перетекании, тем мощнее будет поток



Рис. 1.23. Георг Симон Ом после награждения за свою новаторскую работу, большую часть которой он выполнил в относительной безвестности

в виде двух водяных баков, один из которых полный, а другой — пустой (рис. 1.22). Если их соединить трубой, то поток воды начнет перетекать из одного в другой до тех пор, пока уровень воды не выровняется. Аналогичным образом, как только вы между двумя выводами батарейки подключаете какую-либо цепь для протекания электрического тока, создается поток электронов между полюсами, даже если этой цепью является всего лишь влажный кончик вашего языка.

Поток электронов может легче проходить через одни проводящие среды (как например, мокрый язык) по сравнению с другими (например, сухой кончик языка).

БАЗОВЫЕ СВЕДЕНИЯ

Человек, который открыл сопротивление

Георг Симон Ом, изображенный на рис. 1.23, родился в Баварии в 1787 г. И работал в безвестности большую часть своей жизни. Он изучал природу электричества, используя металлическую проволоку, которую сделал для себя сам (вы не смогли бы спуститься в подвал дома для того, чтобы достать моток проволоки в начале 1800-х годов).

Несмотря на свои ограниченные ресурсы и недостаточные математические способности, Ом в 1827 г. оказался в состоянии доказать, что электрическое сопротивление проводника, например меди, имеет прямо пропорциональную зависимость от поперечного сечения этого проводника, а ток, который протекает через него, пропорционален напряжению, приложенному к нему при постоянной температуре. Через 14 лет Королевское научное общество Великобритании в Лондоне окончательно признало значение его вклада и удостоило его своей высшей наградой — медалью Копли (Copley Medal). Сегодня это открытие известно, как *закон Ома*.

Дальнейшие исследования

Присоедините разъем для подключения батарейки (он был показан ранее на рис. 1.8) к 9-вольтовой батарейке типа «Крона». Возьмите два провода, которые присоединены к контактам разъема, и держите их таким образом, чтобы оголенные концы проводов находились всего лишь в нескольких миллиметрах друг от друга. Коснитесь ими вашего языка. Затем увеличьте расстояние между проводами до нескольких дюймов и коснитесь языка снова (рис. 1.24). Заметили разницу?

Используя мультиметр, измерьте электрическое сопротивление вашего языка, на этот раз изменяя расстояние между двумя наконечниками измерительных щупов. Когда электрический ток

преодолевают меньшее расстояние, то он встречает на своем пути меньшее сопротивление. В результате сила тока (количество переносимого заряда в единицу времени) возрастает. Вы можете попытаться провести похожий эксперимент с вашей рукой, как это показано на рис. 1.25.

Попробуйте с помощью мультиметра измерить сопротивление воды. Растворите некоторое количество соли в воде и выполните свой опыт снова. Теперь попытайтесь измерить напряжение в дистиллированной воде (в чистом стакане).

Мир вокруг вас полон материалов, которые проводят электричество с различной степенью сопротивления.

Наведение порядка и повторное использование компонентов

В ходе этого эксперимента ваша батарейка не должна быть повреждена или в значительной степени разряжена. Вы, разумеется, можете использовать ее снова.

После выполнения всех опытов не забудьте выключить ваш мультиметр.

Эксперимент 2 ДАВАЙТЕ СОЖЖЕМ БАТАРЕЙКУ!

Чтобы лучше понять, что такое электрическая энергия, вы сделаете то, что в большинстве книг рекомендуется не делать. Вы закоротите батарейку. Закоротить это значит непосредственно, накоротко, соединить два вывода источника напряжения.



Короткие замыкания

Короткие замыкания могут быть очень опасными! Не следует замыкать накоротко контакты сетевой розетки в вашем доме! Это приведет к громкому хлопку, яркой вспышке, а провод или инструмент, который вы использовали бы для этой цели, будут расплавлены и разлетающиеся частицы расплавленного металла могут стать причиной ожога или повреждения глаз.

Если вы закоротили автомобильный аккумулятор, то сила тока будет настолько большой, что батарея может даже взорваться, выплеснув на вас кислоту (рис. 1.26).

Литиевые батарейки тоже опасны в этом смысле. Никогда не следует закорачивать литиевую батарейку! Это может привести к возникновению пожара и обжечь вас (рис. 1.27).

Для этого эксперимента следует использовать только щелочную батарейку, причем только одну и типа AA (рис. 1.28). Вам следует надеть защитные очки на тот случай, если у вас окажется неисправная батарейка.

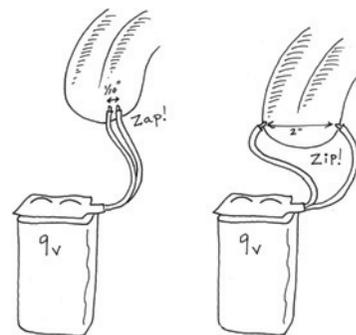


Рис. 1.24. Изменяя опыт определения тока с помощью языка, можно показать, что чем меньше расстояние между проводами источника, тем меньше сопротивление языка и соответственно тем больше электрический ток, что чувствуется по росту болевого ощущения

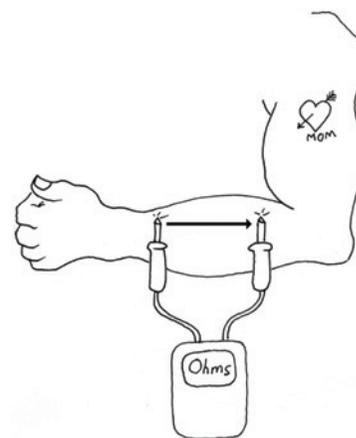


Рис. 1.25. Смочите вашу кожу перед тем, как пытаться измерить ее сопротивление. Вы должны обнаружить, что сопротивление увеличивается по мере удаления друг от друга концов измерительных щупов. Сопротивление будет возрастать пропорционально этому расстоянию



Рис. 1.26. Всякий, кто ронял разводной ключ на оголенные клеммы аккумуляторной батареи автомобиля, скажет вам, что короткое замыкание может быть даже очень мощным при «всего лишь» 12 В



Рис. 1.27. Низкое внутреннее сопротивление литиевой батарейки (которая часто используется в ноутбуках) при замыкании приводит к достижению максимального значения тока с непредсказуемыми результатами. Никогда не теряйте бдительности вблизи литиевых батареек!



Рис. 1.28. Закорачивание щелочной батарейки может быть безопасным, если вы будете точно следовать приведенным далее указаниям. Даже в этом случае батарейка может стать слишком горячей, что касание к ней может вызвать неприятные ощущения. Обращаю ваше внимание на то, что в эксперименте не следует использовать аккумуляторы любого типа!

Вам понадобятся:

- батарейка типа АА напряжением 1,5 В;
- держатель для одной батарейки;
- предохранитель на 3 А;
- защитные очки (для этой цели подойдут обычные очки или солнечные);
- зажимы типа «крокодил».

Порядок действий

Возьмите щелочную батарейку. Обращаю внимание, что в эксперименте не следует использовать какой-либо аккумулятор!

Вставьте батарейку в держатель для одной батарейки с двумя тонкими изолированными проводами, отходящими от него, как это показано на рис. 1.28. В данном случае не следует применять держатель какого-либо другого типа.

Используя зажим типа «крокодил», соедините очищенные от изоляции концы проводов так, как показано на рис. 1.28. При этом не возникнет искры, поскольку вы используете только низковольтную батарейку с напряжением 1,5 В. Подождите одну минуту, и вы обнаружите, что провода разогрелись. Подождите еще минуту, и батарейка тоже станет горячей.

Тепло создается за счет электрического тока, проходящего по проводам и через электролит (проводящую жидкость) внутри батарейки. Если вы когда-либо пользовались ручным насосом для накачивания воздуха в шины велосипеда, то вы должны знать, что насос при этом разогревается. Электричество во многом ведет себя аналогичным образом. Вы можете представить электрический ток в виде совокупности частиц (электронов), которые делают провод горячим в процессе того, как они «проталкиваются» через провод. Эта аналогия неидеальна, но она достаточно точно соответствует нашим задачам.

Химические реакции внутри батарейки создают некоторое «электрическое давление». Разумеется, правильным наименованием для этого давления будет слово *напряжение*, которое измеряется в вольтах в честь *Алессандро Вольта*, одного из первооткрывателей электричества.

Вернемся к «водяной» аналогии. Высота уровня воды в баке пропорциональна давлению воды, и ее можно сравнить с электрическим напряжением (рис. 1.29).

Но вольты это всего лишь половина истории. Когда поток электронов проходит через провод, то его называют *током* и измеряют в амперах — это название введено в честь еще одного первооткрывателя электричества *Андре-Мари Ампера*. Этот поток обычно называют *силой тока*. Это тот самый ток (поток зарядов в единицу времени, выраженный в амперах), который приводит к тому, что происходит выделение тепла.

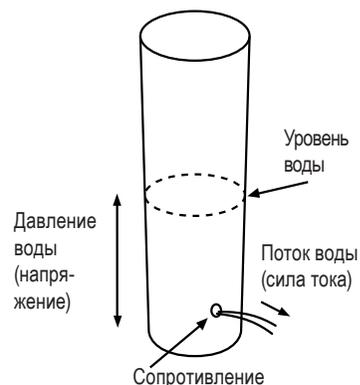


Рис. 1.29. Представим напряжение давлением, а электрический ток в амперах — потоком воды

БАЗОВЫЕ СВЕДЕНИЯ

Почему ваш язык не разогревается?

Когда вы языком касались контактов 9-вольтовой батарейки, то чувствовали некоторое покалывание, но ощутимого тепла не возникало. Когда вы закоротили батарейку, то происходит выделение какого-то количества тепла даже при использовании пониженного напряжения. Как вы можете это объяснить?

Электрическое сопротивление вашего языка достаточно высоко, что уменьшает поток электронов. Сопротивление провода, напротив, очень низкое, поэтому, как только провода подключаются к выводам батарейки, ток, проходящий по ним, будет существенно больше, что и приводит к выделению тепла. Если все остальные факторы остаются постоянными:

- Меньшее сопротивление приводит к протеканию большего тока (рис. 1.30).
- Тепло, создаваемое электрическим током, пропорционально количеству электричества (заряду), который перетек.



Рис. 1.30. Чем больше результирующее значение сопротивления, тем меньше поток — но если вы увеличиваете давление, то вы можете преодолеть сопротивление и создать больший по величине поток

Далее приведены некоторые основные положения:

- Сила тока (поток электричества в секунду) измеряется в амперах.
- Напряжение, которое приводит к созданию тока, измеряется в вольтах.
- Сопротивление току измеряется в омах.
- Большое сопротивление ограничивает ток.
- Более высокое напряжение приводит к преодолению сопротивления и повышению силы тока.

Если вам хочется знать точное значение электрического тока между выводами батарейки, когда вы закорачиваете ее, то это относится к числу вопросов, на которые дать ответ достаточно трудно. Если же вы для измерения попытаетесь использовать мультиметр, то вы будете нести ответственность за перегорание предохранителя внутри этого прибора. Но при этом вы можете использовать имеющийся у вас автомобильный предохранитель на 3 А, который не жалко и сжечь, поскольку он достаточно дешевый.

Однако сначала надо тщательно проверить предохранитель, используя хотя бы увеличительное стекло, если конечно оно у вас есть. При этом вы должны увидеть тонкую S-образную проволоку в прозрачном окошке в центре предохранителя. Эта буква «S» является тонкой металлической проволокой, которая может легко расплавиться при токе, превышающем номинальное значение предохранителя.

Извлеките из держателя батарейку, которую вы немногим ранее закорачивали. Она теперь не пригодна ни для чего, и должна быть утилизирована, если это возможно. Установите свежую батарейку в держатель и подсоедините предохранитель так, как это показано на рис. 1.31, а затем наблюдайте за ним. Вы должны в центре предохранителя заметить перегорание проволоочки в форме буквы «S», где металл будет расплавлен почти мгновенно. На рис. 1.32 показан предохранитель до его подключения, а на рис. 1.33 — перегоревший.



Рис. 1.31. Когда вы присоедините оба провода к предохранителю, то маленький проволоочный его элемент в форме буквы «S» будет почти мгновенно расплавлен



Рис. 1.32. Целый автомобильный предохранитель номиналом 3 А до проведения опыта



Рис. 1.33. Тот же самый предохранитель после того, как он был расплавлен электрическим током

Это объясняет то, каким образом работает предохранитель: он расплавится, чтобы защитить остальную цепь. Этот небольшой разрыв в центре предохранителя прекращает протекание электрического тока.

БАЗОВЫЕ СВЕДЕНИЯ

Изобретатель батарейки

Алессандро Вольта (рис. 1.34) родился в Италии в 1745 году задолго до того, как наука стала делиться на различные отрасли. После изучения химии (он открыл метан в 1776 году) он стал профессором физики и стал интересоваться так называемым гальваническим откликом, который заключался в том, что нога лягушки начинала дергаться под воздействием удара статического электричества.

Используя стакан для вина, заполненный соленой водой, Вольта продемонстрировал, что химическая реакция между двумя электродами, один из которых был сделан из меди, а другой из цинка, будет приводить к возникновению постоянного электрического тока. В 1800 году он улучшил свою конструкцию, выполнив ее в виде пластин из меди и цинка, разделенных картоном, смоченным в соленой воде. Эта «вольтова стопка» стала первой электрической батареей.



Рис. 1.34. Алессандро Вольта открыл, что химические реакции могут создавать электрический ток

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Основные сведения о вольтах

Электрическое напряжение измеряется в вольтах. Вольт является международной единицей измерения (входит в систему СИ). Один милливольт это 1/1000 вольта (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Количество вольт	Обычно произносится как	Сокращение в международном обозначении	Сокращение в русском обозначении
0,001 вольт	1 милливольт	1 mV	1 мВ
0,01 вольт	10 милливольт	10 mV	10 мВ
0,1 вольт	100 милливольт	100 mV	100 мВ
1 вольт	1000 милливольт	1 V	1 В

Основные сведения об амперах

Мы измеряем электрический ток в амперах. Ампер — это международная единица, которая очень часто имеет такое международное обозначение, как «А». Один миллиампер это 1/1000 ампера (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Количество ампер	Обычно произносится как	Сокращение в международном обозначении	Сокращение в русском обозначении
0,001 ампера	1 миллиампер	1 mA	1 мА
0,01 ампера	10 миллиампер	10 mA	10 мА
0,1 ампера	100 миллиампер	100 mA	100 мА
1 ампер	1000 миллиампер	1 A	1 А

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Постоянный и переменный ток

Электрический ток, который вы получаете с помощью батареи, называется *постоянным током* и в английской литературе обозначается, как *DC (direct current)*.

Как и поток воды из крана постоянный ток это поток электрических зарядов, который движется в одном направлении.

Ток, который имеется в проводе под напряжением, подключенном к сетевой розетке в вашем доме, существенно отличается. Он меняет свое направление от положительного полюса к отрицательному около 50 раз в секунду (в Великобритании и в некоторых других странах эта величина составляет 60 раз в секунду). Этот ток известен, как *переменный ток* и обозначается в английской литературе, как *AC (alternating current)*, и больше похож на пульсирующий поток воды, который вы можете наблюдать в мощном душе.

Переменный ток очень важен при осуществлении некоторых задач, например при передаче электрического напряжения на большие расстояния. Переменный ток также используется при подключении двигателей и различного домашнего оборудования. Внешний вид сетевой розетки, используемой в США, приведен на рис. 1.35. В некоторых других странах, например в Японии, также используются розетки того же типа, что и в США.

В большей части своей книги я собираюсь говорить о постоянном напряжении по двум причинам: во-первых, большинство простейших электронных схем в качестве источников напряжения используют источники постоянного тока, а, во-вторых, его поведение гораздо легче понять.

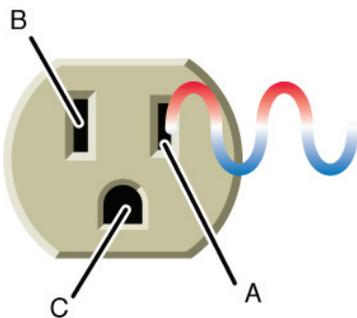


Рис. 1.35. Этот тип сетевой розетки можно видеть в Северной Америке, Южной Америке, Японии и некоторых других странах. Европейские розетки выглядят несколько иначе, но принцип их конструкции является аналогичным. Контакт «А» это контакт, который находится под напряжением и называется «фазой», он подает напряжение, которое меняется от положительного до отрицательного значения относительно потенциала контакта «В», который называется «нейтралью» или «нулем». Если в каком-либо домашнем приборе возникает неисправность, например появление фазы на корпусе, то можно защитить от этого, отведя это напряжение через контакт «С» на землю