

Чарльз Платт

ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ

3-е издание

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2024

УДК 621.3
ББК 32.85
ПЗ7

Платт Ч.

ПЗ7 Электроника для начинающих: Пер. с англ. — 3-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2024. — 352 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-1764-5

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, елочные огни, электронные украшения, устройство преобразования звука, кодовый замок и др. Приведены пошаговые инструкции и включено более 500 наглядных рисунков и фотографий. В третьем полноцветном издании значительная часть текста, схемы и диаграммы обновлены, фотографии пересняты в высоком качестве; число компонентов и их цена уменьшены; проекты с использованием платы Arduino переработаны; рассмотрены и другие микроконтроллеры.

Электронный архив на сайте издательства содержит спецификации и ссылки на электронные компоненты.

Для начинающих радиолюбителей

УДК 621.3
ББК 32.85

Группа подготовки издания:

Руководитель проекта	<i>Евгений Рыбаков</i>
Зав. редакцией	<i>Людмила Гауль</i>
Перевод с английского	<i>Михаила Райтмана</i>
Компьютерная верстка	<i>Людмилы Гауль</i>
Корректор	<i>Светлана Крутаярова</i>
Оформление обложки	<i>Зои Канторович</i>

© 2024 BHV

Authorized Russian translation of the English edition of **Make: Electronics, 3E** ISBN 9781680456875 © 2021 Helpful Corporation.
This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

Авторизованный перевод с английского языка на русский издания **Make: Electronics, 3E** ISBN 9781680456875 © 2021 Helpful Corporation.

Перевод опубликован и продается с разрешения компании-правообладателя O'Reilly Media, Inc.

Подписано в печать 03.10.23.
Формат 84×108^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 36,96.
Тираж 1500 экз. Заказ №
«БХВ-Петербург», 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

Отпечатано в типографии филиала
АО «ТАТМЕДИА» «ПИК «Идел-Пресс».
420066, Россия, г. Казань, ул. Декабристов, 2.
e-mail: idelpress@mail.ru

ISBN 978-1-68045-687-5 (англ.)
ISBN 978-5-9775-1764-5 (рус.)

© Helpful Corporation, 2021
© Перевод на русский язык, оформление. ООО «БХВ-Петербург»,
ООО «БХВ», 2024

БЛАГОДАРНОСТИ

В написании и выпуске этой книги мне помогали многие люди. Я особенно благодарен Дэвиду Керсонсу, Джоли де Миранде, Асаду Эбрагиму, Брайану Гуду, Полу Хенли, Брайану Джепсону, Роджеру Стюарту и Фредерику Уилсону за то, что поделились своими знаниями со мной и заметили мои ошибки. Спасибо Джеффу Паленику за игру Civil War и, в особенности, Фредрику Янссону, самому терпеливому и проницательному соавтору, которого я только смог найти.

Оформление обложки — творение рук Джулиана Брауна, который также руководил предпечатной подготовкой и изданием этой книги. Иллюстрации, фотографии, диаграммы и схемы выполнены мной.

Фотография на обложке тоже сделана мной. На ней изображена рука ассистента К. Доуса с макетной платой, а эскизы на заднем плане подготовлены компанией Family Dollar.

Благодарю редактора Патрика ДиХусто, который всячески поддерживал меня. А также Дейла Догерти и Гарета Бранвина, которые предоставили мне исключительную свободу на создание первого издания книги. Я писал его так, как хотел, следуя принципу “обучение в ходе экспериментов”.

ПОСВЯЩЕНИЕ

Третье издание я посвящаю памяти Ганса Камензинда, блестящего разработчика аналоговых интегральных схем, переехавшего из Швейцарии в Калифорнию на заре появления Силиконовой долины. Проработав в компании Signetics, он покинул ее, чтобы создать знаменитый таймер 555. Это самая популярная микросхема в истории — за полвека было изготовлено несколько миллиардов экземпляров. Даже сейчас ее используют в своих проектах практически все, кто изучает электронику.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	9
Как получить максимальное удовольствие от этой книги	9
Новое в третьем издании	9
Предназначение книги	10
Замечание насчет порчи компонентов.....	10
Сложны ли эксперименты?	10
Структура книги	10
Если схема не работает.....	10
Общение с читателями	11
Как сообщить об ошибке	11
Подписка на новости и обновления.....	11
Обращение к общественности	12
Что дальше?	12
Электронный архив.....	13
Глава 1. Основы электроники	14
Что нужно для проведения экспериментов главы 1	14
Эксперимент 1. Попробуйте электричество на вкус!	23
Эксперимент 2. Смиримся с действительностью	28
Эксперимент 3. Исследование напряжения	39
Эксперимент 4. Теплота и мощность	49
Эксперимент 5. А давайте сами сделаем батарейку	56
Глава 2. Управление электрическим током	60
Инструменты для работы	60
Эксперимент 6. Коммутация.....	70
Эксперимент 7. Изучение реле	82
Эксперимент 8. Зуммер на реле	87
Эксперимент 9. Время и конденсаторы	101
Эксперимент 10. Транзисторные переключатели.....	110
Эксперимент 11. Свет и звук	121

Глава 3. Пайка	136
Принадлежности для пайки	136
Эксперимент 12. Соединение двух проводов.....	145
Эксперимент 13. Готовим «жареные» светодиоды.....	154
Эксперимент 14. Миниатюрный мультивибратор	156
Глава 4. А вот и микросхемы!.....	163
Необходимые инструменты и компоненты.....	163
Эксперимент 15. Генерация импульса	168
Эксперимент 16. Не говори со мной таким тоном!	180
Эксперимент 17. Охранная сигнализация	191
Эксперимент 18. Тестер рефлексов	208
Эксперимент 19. Изучение логики	220
Эксперимент 20. Разблокировщик.....	232
Эксперимент 21. Блокировщик кнопок	244
Эксперимент 22. Прыжки и кувырки.....	251
Эксперимент 23. Игральные кости.....	256
Глава 5. Что дальше?	271
Организация рабочего места	271
Эксперимент 24. Электромагнетизм	280
Эксперимент 25. Настольный генератор электроэнергии	284
Эксперимент 26. Разборка динамика.....	290
Эксперимент 27. Самоиндукция катушки	294
Эксперимент 28. Радио без питания и пайки	298
Эксперимент 29. Железо против программ.....	306
Эксперимент 30. Улучшенная версия «Кубиков».....	318
Возврат к истокам	329
Глава 6. Альтернативы Arduino	329
Возврат к истокам	329
Ограничения микроконтроллеров PIC	331
Python	332
Система Micro:bit	334
От Pi к Pico.....	337
Что еще мы не рассмотрели.....	338
Заключение	340
Приложение. Описание электронного архива	341
Предметный указатель	342

ВВЕДЕНИЕ

Как получить максимальное удовольствие от этой книги

Книга «Электроника для начинающих» переворачивает традиционную систему обучения с ног на голову. Вместо того чтобы начинать с теории, а затем практиковаться для ее проверки, я начинаю с эксперимента, а затем загружаю вас теорией. Я назвал такой подход «обучением в ходе экспериментов», и он мне нравится по двум причинам:

- так интереснее;
- так ближе к научным экспериментам в реальном мире.

Во время научного эксперимента наблюдения могут привести к новым знаниям о природе какого-либо явления. Почему же вы, изучая электронику, не должны наслаждаться подобным опытом? Выяснить эмпирическим путем, как работают компоненты, гораздо интереснее, чем заранее знать ответ до эксперимента.

Единственный недостаток моего подхода заключается в том, что для достижения полного успеха необходимо создавать реальные устройства. К счастью, существуют специальные наборы для этой книги, в которых вы найдете все необходимые компоненты по относительно скромной цене.

Новое в третьем издании

Первое и второе издания книги разошлись сотнями тысяч экземпляров, и даже переводились на несколько иностранных языков. Я удивлен и восхищен этим успехом, но моя книга останется популярной только в том случае, если будет удовлетворять потребности читателей. Учитывая это, я написал третье издание.

Значительная часть текста была переписана. Большинство схем и диаграмм обновлены. Изображения компонентов на макетных платах стали четче.

Отзывы читателей, в том числе и насчет используемых инструментов, отчасти были учтены.

Многие фотографии были пересняты, чтобы улучшить их четкость.

Некоторые эксперименты были пересмотрены с учетом пожеланий читателей.

Несколько проектов я переделал, сократив число компонентов в схемах. Теперь, надеюсь, они стали понятнее.

Последние три главы, касающиеся Arduino, я переработал, добавив обзор других микроконтроллеров.

Я плотно сотрудничал с ведущим поставщиком наборов компонентов для этой книги, стремясь сократить количество и упростить компоненты, используемые в экспериментах, чтобы вы сэкономили на их покупке.

Наборы компонентов для второго издания не подойдут для третьего издания книги. Я время от времени буду упоминать об этом, потому что не хочу, чтобы читатели разочаровались, купив старый набор и обнаружив, что он не подходит для эксперимента. Пожалуйста, обращайте внимание на упоминание «Третье издание», если вы планируете приобрести набор.

Предназначение книги

Все пользуются электронными устройствами, но многие не совсем четко понимают, как они функционируют.

Считаете, что вам это не нужно знать? Вы же можете управлять автомобилем, не понимая работы двигателя внутреннего сгорания, так почему вам нужно знать об электричестве и электронике?

На то есть три причины:

- Изучая, как работают технологии, вы обретаете возможность самостоятельно контролировать мир, а не подчиняться ему. Когда вы сталкиваетесь с проблемами, вы учитесь решать их, а не испытывать разочарование от них.
- Изучение электроники способно доставить удовольствие, если вы подходите к процессу правильно. Кроме того, это вполне доступно.
- Знание электроники может повысить вашу ценность как сотрудника или даже продвинуть вас по карьерной лестнице.

Замечание насчет порчи компонентов

Один из важных аспектов «обучения путем открытия» — вероятные ошибки. Схема может не заработать, а компоненты будут выходить из строя. На мой взгляд, это хорошо, так как ошибки — весьма ценный способ обучиться. Я надеюсь, вы будете жечь компоненты и собирать неправильные схемы, изучая поведение и особенности электронных деталей. Источники питания с крайне малым напряжением, описываемые в этой книге, могут повредить чувствительные компоненты, но не навредят вам. Не бойтесь ошибаться. Транзисторы и светодиоды дешевы и их несложно заменить.

Сложны ли эксперименты?

Изначально я предполагаю, что вы не знаете ничего. Поэтому первые эксперименты чрезвычайно просты, и вам даже не понадобятся макетная плата и паяльник.

Не думаю, что основные концепции будет сложно усвоить. Но, разумеется, если вы хотите изучить электронику более глубоко и собирать собственные схемы, без трудностей не обойтись. В этой книге я свел теорию к минимуму, а вся математика, которая вам понадобится, сводится к сложению, вычитанию, умножению и делению. Необязательно, но желательно понимать, как умножать и делить на 10, просто перемещая десятичную запятую.

Структура книги

В каждой главе большая часть информации представлена в виде учебных материалов в нескольких разделах, после которых приводятся непосредственно практические эксперименты.

Изложение материала идет от простого к сложному путем последовательного накопления информации. Вы можете открыть книгу на любой странице, но эксперименты, описанные в последующих главах, потребуют знаний, раскрываемых в предыдущих главах, поэтому я предлагаю читать книгу по порядку, стараясь ничего не пропускать.

Если схема не работает

Обычно только один вариант схемы работает, а сотни ошибочных вариантов — нет. И вы вряд ли достигнете желаемого результата, если не будете соблюдать методику работы.

Мне ли не знать, как досадно, когда компоненты вроде бы на своих местах в цепи, но

не работают. Тем не менее, по этому поводу бессмысленно раздражаться. Единственный способ решить проблему — методично исследовать каждый компонент.

Я протестировал все схемы, поэтому уверен в их работоспособности. Если у вас что-то не работает, обратите внимание на наиболее вероятные проблемы:

- Вы ошиблись в подключении компонентов. Все ошибаются, я сам только что воткнул перемычку не туда. Ваши шансы отыскать ошибку вырастут, если вы отойдете от своего рабочего стола на полчаса и отвлекетесь. Затем возвращайтесь и осмотрите схему еще раз.
- Возможно, вы сожгли компонент, например транзистор или микросхему, и он вышел из строя. На этот случай полезно иметь запасные части.
- Может быть нарушено соединение компонентов и макетной платы. Покачайте установленные компоненты, измерьте напряжение, как вариант установите ключевые компоненты в другие разъемы платы.

Во всех главах книги я привожу подробные советы по обнаружению неисправностей. Здесь я затронул этот вопрос, чтобы вы в общих чертах понимали последовательность действий в случае, если схема не работает. Кстати, в отличие от большинства авторов, у меня есть электронная почта, по которой вы можете связаться со мной. Единственное, о чем я настоятельно попрошу, — следуйте моим рекомендациям.

Общение с читателями

Разумеется, у меня мало времени, но я стараюсь ответить всем желающим. Пожалуйста, будьте терпеливы. Иногда я могу ответить в тот же день, а иногда и через неделю. Если вы пишете мне, то, пожалуйста:

- Прикрепите фотографии схемы, которая не работает. Мне важно рассмотреть некоторые детали, например цвета полос на резисторах.

- Сообщите, над каким проектом вы работаете, и упомяните название книги, в которой он приведен. Обратите внимание, что я написал несколько книг по электронике, поэтому мне нужно знать, какую из них вы читаете.
- Лаконично, но ясно опишите проблему! Расскажите мне о проблеме так же, как описываете симптомы заболевания врачу и просите поставить диагноз.

По адресу make.electronics@gmail.com отправьте мне письмо со словом HELP в качестве темы.

Как сообщить об ошибке

Когда пишешь книгу, возникает еще больше ошибок, чем при простой сборке схем. Естественно, я делаю все возможное, чтобы свести ошибки к минимуму, но все же, если вы нашли их, пожалуйста, сообщите об этом. Вы можете написать мне на указанный адрес электронной почты, либо перейти на страницу со списком опечаток в этой книге на сайте издательства. Если вы напишете мне, я смогу лично обсудить с вами проблему, если это необходимо. А на сайте издательства вы можете просмотреть опечатки, присланные другими читателями, и, возможно, найти решение проблемы. Если решения вашей проблемы нет, вы можете описать ошибку на сайте издательства, чтобы другие читатели тоже узнали о ней. Страница со списком опечаток в этой книге на сайте издательства доступна по адресу www.oreilly.com/catalog/errata.csp?isbn=9781680456875.

Подписка на новости и обновления

Даже если у вас не возникло проблем и вам нечего мне написать, я рекомендую сообщить мне адрес электронной почты. Он мне понадобится, чтобы сообщить вам:

- О найденных в этой книге или в ее продолжении, «Электроника: логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих», каких-либо существенных ошибках и способах их решения.
- О недостатках и проблемах с наборами компонентов, предназначенных для этой книги или издания «Электроника: логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих».
- О выходе в свет нового издания этой и других моих книг. Такие уведомления я отправляю раз в пару лет.

Я не буду использовать ваш адрес электронной почты для отправки каких-либо других сообщений, и не буду продавать его или сообщать посторонним. (На самом деле, я даже не знаю, как торговать адресами электронной почты и кому вообще их можно продать.)

Если вы сообщите свой адрес электронной почты, я вышлю вам неопубликованный в книге экспериментальный проект со схемами в двухстраничном PDF-файле. Проект интересный, уникальный и относительно простой в сборке. Он нигде не публиковался!

Если говорить о причинах, по которым я прошу вас подписаться на новости и обновления, то они заключаются в следующем. Если в мою книгу закралась ошибка, а я ее обнаружу, но не смогу об этом сообщить вам, вероятно, вы выйдете из себя, когда сами столкнетесь с ней позже. Такая ситуация может подпортить мою репутацию, поэтому я хочу избежать ее и ваших проклятий в мой адрес.

Для подписки отправьте пустое электронное письмо (ну или можете что-нибудь написать) по адресу **make.electronics@gmail.com** со словом REGISTER в качестве темы.

Я читаю все электронные письма сам, потому что иногда люди пишут вопросы, даже когда просто подписываются на новости. Так что не ждите немедленного автоматизированного про-

цесса подписки! Если я в отпуске, то «уникальный бонусный проект» нужно будет подождать пару недель. Но в конце концов вы его получите. Ожидание — это неизбежный атрибут самостоятельной работы, в том числе и моей.

Обращение к общественности

Как правило, когда люди недовольны книгой и хотят пожаловаться, обычно они переходят на сайт магазина, например amazon.com, и оставляют там отзыв. Если вы тоже хотите написать подобный отзыв, то, пожалуйста, сначала свяжитесь со мной. Возможно, я смогу вам помочь решить проблему.

Помня о большой силе воздействия откликов читателей, пожалуйста, соблюдайте принцип справедливости. Один отрицательный отзыв способен вызвать куда больший эффект, чем вы можете себе представить. Он может затмить даже десяток положительных отзывов. Например, некоторых читателей раздражают мелкие проблемы вроде невозможности найти в магазине нужный компонент. Я был бы рад помочь им, если бы они попросили меня, а не писали негативные отзывы.

Онлайн-продажи книг являются моим основным источником дохода, и рейтинг в четыре с половиной звезды для меня очень важен. Ну и, разумеется, если вам просто не нравится моя книга, вы можете сообщить об этом.

Что дальше?

Закончив читать эту книгу, вы поймете многие из основных принципов электроники. Мне бы хотелось, чтобы заинтересованные читатели приобрели еще одну мою книгу — «Электроника: логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих». Освоить ее чуть сложнее, но в ней

используется тот же метод «обучение в ходе экспериментов». Моя цель — чтобы вы в конечном итоге получили так называемый «промежуточный» уровень понимания электроники.

Я недостаточно квалифицирован, чтобы написать более «продвинутое» руководство, поэтому не ищите на прилавках третью книгу с условным названием «Электроника для продвинутых».

Еще вы можете приобрести трехтомный справочник «Энциклопедия электронных компонентов», два тома из которых я написал в соавторстве с очень умным исследователем Фредриком Янссоном. Компоненты отсортированы по категориям, поэтому, если какой-либо из них не подходит для вашего устройства, сразу можно прочитать про следующий. Возможно, даже если вы про него не знали, он окажется решением вашей задачи.

Кстати, для детей и подростков я написал небольшую книгу «Easy Electronics», которую считаю самым простым способом изучить основные концепции электроники. К этой книге тоже выпущен набор компонентов, а устройства настолько просты, что вам даже не понадобятся

инструменты для их сборки. Представьте себе: практическая книга, которая не требует инструментов!

Если вы человек творческий, рекомендую ознакомиться с моей книгой «Make: Tools», которая представляет собой руководство по использованию ручных инструментов с тем же практическим подходом, что и «Электроника для начинающих». Вы начнете с освоения ручной пилы и закончите сборкой небольших пластиковых корпусов, которые пригодятся для ваших электронных устройств.

— Чарльз Платт

Электронный архив

Учитывая, что русское издание книги выходит в сокращенном варианте, издательство «БХВ-Петербург» разместило часть материалов в электронном архиве (см. приложение), доступном для загрузки с FTP-сервера издательства по ссылке <https://zip.bhv.ru/9785977517645.zip> или со страницы книги на сайте www.bhv.ru.

1

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Для начала нам предстоит провести пять экспериментов.

В первом из них представится возможность ощутить вкус электричества! Вы сможете почувствовать, что такое электрический ток и познакомитесь с электрическим сопротивлением.

В следующих двух экспериментах вы познакомитесь с прибором для измерения силы тока и напряжения, а четвертый эксперимент будет посвящен расчету мощности. Попутно будет предложено сжечь светодиод, расплавить

предохранитель и вывести на практике фундаментальный закон электротехники.

Пятый эксперимент продемонстрирует вам выработку электричества с помощью самых простых предметов прямо на рабочем столе.

Все пять экспериментов позволят раскрыть суть целого ряда важных концепций. Возможно, многое из всего этого не станет для вас откровением, но лучше все же попрактиковаться, прежде чем приступить к штурму науки, следуя дальнейшим указаниям.

Что нужно для проведения экспериментов главы 1

Каждая глава в этой книге начинается с изображения и описания всех необходимых инструментов, оборудования, компонентов и расходных материалов. Если приобретать подобные вещи вам еще не приходилось, более подробная информация о них имеется в электронном архиве, прилагаемом к книге (см. *приложение*). Там же указаны места приобретения компонентов и расходных материалов (интернет-ресурсы или магазины).

Если покупка отдельных компонентов вас чем-то не устраивает, в продаже можно найти как минимум два готовых набора деталей, необходимых для реализации проектов, рассмотренных в этой книге. Их поставщики, перечисленные в электронном архиве, не имеют к автору никакого отношения как в деловом, так и в финансовом плане, но комплектацию наборов я проверил.

Продавцы могут отправлять комплекты за границу, но, к сожалению, почтовые расходы по

пересылке из США в другие страны обходятся дорого, поскольку Почтовая служба Соединенных Штатов не субсидируется государством. Проживающим за пределами США компоненты лучше закупать у азиатских поставщиков, где почтовые тарифы ниже, а сами компоненты дешевле.

Мультиметр

Самым важным инструментом при изучении электротехники и электроники считается переносной мультиметр. Он покажет, что происходит внутри электрической цепи, сродни тому, как аппарат МРТ позволяет врачу увидеть, что происходит внутри тела человека.

Приставка «мульти» в слове «мультиметр» означает, что прибор под таким названием обладает несколькими измерительными функциями, наиболее важными из которых являются измерение напряжения, тока и электрического

сопротивления. Электротехники зачастую называют такой прибор «тестером», имея в виду именно мультиметр. Каким бы сложным и непонятным он ни казался поначалу, обращаться с ним намного проще, чем с современным телефоном и ничуть не сложнее, чем с фотокамерой.

Нам нужен тестер, имеющий цифровой дисплей. Порой попадаются и аналоговые мультиметры со стрелкой, перемещающейся по шкале, но они сложнее в применении и ими лучше не пользоваться.

Один из встречавшихся мне самых компактных и простых тестеров показан на рис. 1.1. Его подбирали один из производителей наборов компонентов, ссылка на которого имеется в электронном архиве к книге, но аналогичные тестеры можно найти и в Интернете. При желании сэкономить этого мультиметра будет вполне достаточно для проведения всех экспериментов с 1 по 30, тогда весь остальной материал о тестерах можно пропустить. Но, если вам захочется узнать, что можно приобрести подороже, и какую пользу из этого удастся извлечь, читайте дальше.

Сравнение автоматического и ручного режимов

Автоматический выбор диапазона измерений — наиболее очевидная выгода от приобретения более дорогого тестера. Представьте, что нужно измерить температуру. Если используется термометр духовки, и интересует температура от 100 до 260 градусов, вполне достаточно будет разброса в пять градусов. Но если измеряется температура тела, хочется получить точность в 0,1 градуса в диапазоне от 35 до 41 градуса.

Так же обстоят дела и с измерениями напряжения или других параметров электрической цепи. В одних случаях нужно измерять малые величины и иметь высокую точность, а в других — большие величины, при которых приемлемы менее точные результаты.



Рис. 1.1. Обычный цифровой мультиметр (шаг фоновой сетки равен 25 мм)

Тестер, работающий в ручном режиме, требует выбора диапазона значений путем предварительной установки переключателя в нужную позицию. Например, для измерения напряжения 1,5-вольтовой батарейки формата AA нужно установить переключатель тестера на измерение напряжений до 2 В, и тогда можно получить результат с приемлемой точностью.

Тестер с автоматическим выбором диапазона сам оценит напряжение и установит нужный диапазон. Звучит заманчиво, да и цена на такие тестеры падает, но лично мне они не нравятся. При каждом измерении эти тестеры «задумываются» на несколько секунд, выбирая диапазон, а я человек нетерпеливый. К тому же, раз диапазон выбран не вами, в значениях, высветившихся на дисплее, с ходу не разберешься. Предположим, тестер показывает 1,48. Что это, вольты или милливольты? На дисплее, конечно, будет едва заметная надпись «V» или «mV», на которую можно не обратить внимания и допустить ошибку.

Совет

Предлагаю все же остановиться на использовании ручного тестера. Шансы допустить ошибку снизятся, обойдется он дешевле сопоставимого с ним автоматического тестера, и таких же нетерпеливых, как я, он будет меньше нервировать.

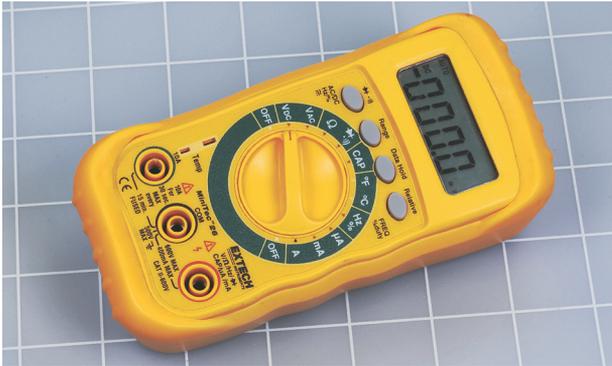


Рис. 1.2. Тестер с автоматическим выбором диапазона измерений

Как узнать, какой именно тестер изображен на картинке, ручной или автоматический? Автоматический тестер обычно распознается по описанию товара, но сомнения можно развеять, рассмотрев циферблат на передней панели. У автоматического тестера цифр будет немного, а по виду он будет примерно таким, как на рис. 1.2. Тестер с ручным выбором диапазона будет похож на тот, что изображен на рис. 1.3.

Все написанное дальше о тестерах будет в основном касаться приборов с ручным выбором диапазона измерений.

Цена

Советовать, по какой цене брать тестер, средни совету по покупке машины. Цены самой навороченной и самой дешевой машины могут соотноситься как 100:1, так же и с тестерами. К тому же, цены не стоят на месте.

В этом вопросе предлагаю ориентироваться на тестер, изображенный на рис. 1.1. Что можно выгадать, приобретая более дорогую модель?

Во-первых, долговечность. Именно этот тестер у меня долго стоял без дела, но контакты переключателя диапазонов на передней панели со временем могут попросту износиться. Пока вы и сами не знаете, насколько стойким будет ваше увлечение электроникой, это можно не брать в расчет.



Рис. 1.3. Тестер с ручной установкой диапазона измерений

Чем больше затраты, тем шире функции, но эта тема непростая, поскольку для объяснения дополнительных функций нужно разбираться с терминологией. Пока что речи не было даже о напряжении и силе тока, не говоря уже о тестировании транзисторов, поэтому здесь мы рассмотрим обозначения и сокращения, которые встречаются на передней панели тестера, и объясним, какие из них нам обязательно пригодятся. Конкретные подробности будут раскрываться по мере чтения книги.

Нам потребуется всё, что в табл. 1.1 выделено серой заливкой. Остальное тоже не помешает, но в проводимых экспериментах особой роли играть не будет.

Производители тестеров постоянно добавляют все новые, на их взгляд привлекательные функции, но пользы от них порой немного. Посмотрим на то, что вам вряд ли пригодится:

- *NCV* означает «тестирование скрытой проводки». Тестер покажет наличие напряжения рядом с розеткой или проводкой. К нашей книге это не имеет никакого отношения.
- *Измерение температуры*. Тестер может определять перегрев компонента, но нам вполне достаточно будет почувствовать его на ощупь.
- Кнопки *Max/Min* и *Hold*. Пригодится для съема быстроменяющихся показаний, но вам это вряд ли понадобится.

Таблица 1.1. Самые распространенные обозначения и сокращения на передней панели мультиметров

Обозначение	Расшифровка
V	Напряжение (в вольтах)
A	Сила тока (в амперах)
Ω	Электрическое сопротивление (в омах)
mA	Миллиамперы (тысячные доли амперов)
 или F	Емкость (в фарадах)
Hz	Частота электрического тока (в герцах)
	Постоянный ток (DC)
	Переменный ток (AC)
	Тестирование диодов
	Тестирование батарей
 или 	Прозвонка цепей (тестер будет подавать звуковой сигнал)
hFE и/или NPN/PNP	Тестирование транзисторов

Примечание

Подсветка дисплея. Вообще-то мы будем работать с электронными компонентами при свете настольной лампы, поэтому подсветка тестеру не понадобится.

Шести буквам и обозначениям из верхней половины табл. 1.1 зачастую предшествуют множители. Например, «m» обозначает множитель со значением 1/1000, поэтому «mV» означает 1/1000 вольта, т. е. милливольт. Греческая буква μ (произносится как «мю») представляет собой множитель со значением 1/1 000 000, поэтому « μ A» означает 1/1 000 000 ампера, т. е. микроампер. Множители приведены в табл. 1.2, диапазоны измерений — в табл. 1.3.

Примечание

Следует заметить, что строчная буква m означает «разделить на 1000». А заглавная буква M означает «умножить на 1 000 000». Постарайтесь не запутаться!

В некоторых тестерах не используются значения диапазонов, начинающиеся с цифры 2; их значения могут начинаться с 4, образуя, к примеру, такой ряд, как 40, 400, 4k и т. д. У некоторых тестеров значения диапазонов начинаются с 6. Не думаю, что для экспериментов, приводимых в книге, какой-либо из этих вариантов дает конкретные преимущества.

Таблица 1.2. Множители, часто используемые в тестерах

Множитель	Наименование	Значение
p	пико	1/1 000 000 000 000
n	нано	1/1 000 000 000
μ	микро	1/1 000 000
m	милли	1/1 000
k	кило	$\times 1 000$
M	мега	$\times 1 000 000$

Таблица 1.3. Распространенные диапазоны измерений

Наименование	Значения					
	200m	2	20	200		
V DC, вольты, постоянный ток	200m	2	20	200		
V AC, вольты, переменный ток	200m	2	20	200		
A DC, амперы, постоянный ток	200 μ	2m	20m	200m	10 или 20	
A AC, амперы, переменный ток	200 μ	2m	20m	200m	10 или 20	
Ω , омы	200	2k	20k	200k	2M	20M
F, фарады	2n	20n	200n	2 μ	20 μ	200 μ



Рис. 1.4. Шкала тестера, который, по-моему, сможет выполнять все функции, востребованные в наших экспериментах

Хорошо бы, конечно, иметь более широкий диапазон значений, но на это могут потребоваться дополнительные затраты. Я думаю, что самыми важными являются значения, выделенные серой заливкой в табл. 1.3, а те, что не выделены, можно считать необязательными.

Возьмем, к примеру, F (фарады). Показанный здесь диапазон абсолютно ни к чему, если емкость данным тестером не измеряется. Но если это предусмотрено, то выделены именно те значения, к наличию которых следует присмотреться.

А теперь, чтобы увидеть, как диапазоны выглядят на самом деле, посмотрим еще на несколько обозначений, встречающихся на передней панели тестеров. Показанная на рис. 1.6 шкала, охватывающая вращающийся переключатель, разбита на секции с буквой или обозначением, например V или A. Символ «V» означает Volts, и относится к секции измерения напряжения. Диапазон применяется к измерениям как переменного (AC), так и постоянного (DC) напряжения, и выбирается переключателем, обведенным кружком. Если вам не вполне понятна разница между AC и DC, то пока она для нас не имеет

никакого значения. Заметьте, что диапазон простирается от 200 mV и до 200 V, что немного лучше диапазона, приведенного в табл. 1.3.

Если смотреть дальше по круговой шкале, можно заметить обведенные кружками все важные элементы из табл. 1.1, и все рекомендуемые там диапазоны. Похоже, этот тестер нам подойдет.

А теперь посмотрим на рис. 1.5. У этого тестера нет переключателя AC/DC. Вместо этого соответствующие позиции имеются на шкале. Слева можно увидеть букву V с обозначением, соответствующим DC. А справа еще одна буква V с волнистой линией, что соответствует AC, и относится к двум соседним белым положениям переключателя. Знак молнии просто означает «предостережение», вполне понятное при планировании измерений напряжений порядка 600 В, хотя мне трудно представить, когда это может пригодиться. Нашим целям больше соответствуют измерения низких напряжений, а у этого тестера нет низковольтных диапазонов для измерения переменного напряжения. Печально, поскольку порой нужно измерить переменное напряжение, скажем, на выходе микросхемы таймера.

Здесь не видно возможности измерения силы переменного тока. За буквой «A» следует обозначение «DC», а вот «A» с волнистой линией для «AC» здесь нет. Нехорошо. Тестер также не может измерять емкость в фарадах. Тогда что это за буква F, очерченная кружком? Так ведь у нее символ градуса, следовательно, это «градусы по Фаренгейту». Немудрено запутаться, тем более что тестер поставляется без датчика температуры, и от этой функции никакого проку.

И напоследок я обвел кружком обозначение «2M», показывающее верхний предел измерения электрического сопротивления. Хотелось бы, конечно, 20M. Да уж, этот тестер меня не впечатлил. Им, конечно, можно воспользоваться для экспериментов, описанных в этой книге, но он стоит дороже основной модели, показанной на рис. 1.1, и не дает никаких дополнительных выгод.

Итак, сколько вы готовы потратить? Поищите в Интернете базовую модель тестера, изображенную на рис. 1.1, и уточните цену этого мультиметра, обозначив ее как \$B. Потратив сумму от двух до четырех \$B, вы сможете приобрести тестер со всеми рекомендованными функциями. Тестер, показанный на рис. 1.3 и купленный мной для проведения экспериментов при работе над книгой, обошелся мне примерно в три раза больше, чем \$B, и вполне оправдал все мои ожидания. Если увеличить расходы, то автоматический тестер, показанный на рис. 1.2, обойдется в сумму, в шесть раз превышающую \$B.

На рис. 1.6 изображен мой любимый тестер на момент написания книги. Заметьте, что на его дисплее отображаются четыре цифры. Стали появляться и более дешевые тестеры с четырехразрядным дисплеем, но дополнительная цифра еще не говорит о том, что схема тестера в десять раз точнее, чем у трехразрядного тестера. Чтобы во всем разобраться, нужно внимательно сравнить характеристики, предоставленные изготовителями. Чтобы провести эксперименты, рассматриваемые в этой книге, точность до четырех знаков не нужна.

Единственный недостаток тестера, показанного на рис. 1.6, — его цена, которая примерно в 20 раз больше цены базового мультиметра (\$B). Я считаю это долговременными вложениями. Меня вполне устраивает его точность, и я надеюсь, что он прослужит мне много лет, но все это можно и не брать в расчет, если не знать, насколько сильным будет ваше увлечение электроникой.

Если, оценив все эти предложения, вы еще не решили, какой тестер покупать, читайте книгу дальше, чтобы понять, как тестер будет использоваться в первых четырех экспериментах. А затем уже примите правильное решение.

На этом раздел о тестерах завершен. Надеюсь, теперь принять решение о приобретении тестера вам будет проще.



Рис. 1.5. При изучении этого тестера обнаруживается отсутствие ряда желаемых функций



Рис. 1.6. Этот тестер стоит почти в 20 раз дороже изображенного на рис. 1.1

Защитные очки

При работе над проектами с применением электронных компонентов следует исключать любой риск для глаз. К примеру, когда укорачивается ножка светодиода, откусываемая часть может полететь вам в лицо.

Избежать неприятностей помогут самые дешевые защитные или же обычные очки. Простые защитные очки показаны на рис. 1.7.



Рис. 1.7. Защитные очки

Соединительные провода

Для подключения компонентов в нескольких первых экспериментах будут использоваться соединительные провода (оголенные с обоих концов).

Разумеется, два конца есть у любого куска провода. Но в данном случае, как видно из рис. 1.8, имеется в виду наличие на каждом конце зажима типа «крокодил». Каждый подпружиненный зажим позволяет получить электрический контакт путем захвата любого проводника и

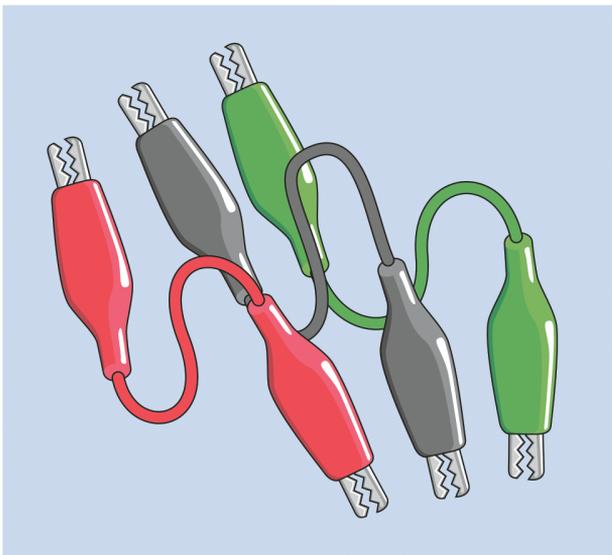


Рис. 1.8. Соединительные провода

его надежного удержания, что освободит ваши руки для другой работы. Для наших экспериментов подойдут очень короткие провода, вроде тех, что показаны на рисунке. Можно, конечно, взять провода и подлиннее, но они будут постоянно путаться.

Провода с небольшими штырьками на концах, иногда называемые перемычками, здесь не понадобятся.

Источники питания

Почти во всех рассматриваемых в книге экспериментах будет использоваться источник питания напряжением 9 В. Можно взять обычную 9-вольтовую щелочную батарейку, продающуюся в супермаркетах и обычных магазинах. Подойдет любая марка. Чуть позже будет предложено перейти на блок питания постоянного тока, но пока он нам не понадобится.

У 9-вольтовой батарейки имеются положительная и отрицательная клемма. Не перепутайте их! Если плюсовая клемма трудно различима, пометьте ее красным маркером.

Примечание

В экспериментах с первого по четвертый используйте только 9-вольтовую щелочную батарейку. Не пытайтесь воспользоваться более мощной батареей, или той, которая выдает напряжение более 9 В. Не забывайте, что литиевые батареи могут быть опасны, и не должны применяться в каких-либо проектах, рассматриваемых в данной книге.

Разъем для батареи (необязательный)

Далее на рисунках вы увидите, что к клеммам 9-вольтовой батареи прикреплены провода с зажимами типа «крокодил», но если требуется более надежный контакт, можно купить специальный разъем, защелкивающийся на клеммах вашей батареи, с двумя оголенными на концах проводами, показанный на рис. 1.9.

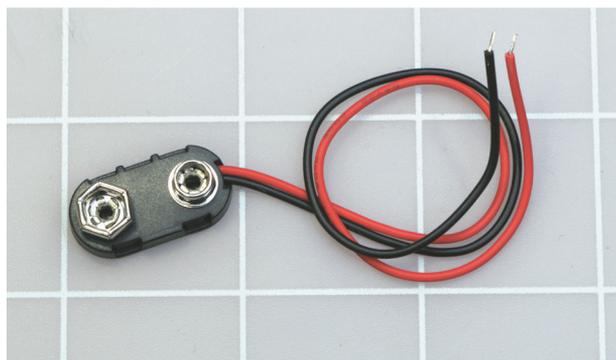


Рис. 1.9. Разъем для подключения 9-вольтовой батареи

Предохранитель

Предохранитель разрывает цепь при прохождении через него избыточного тока. Вам понадобится парочка обычных стеклянных предохранителей, вроде тех, что изображен на рис. 1.10, или можно воспользоваться автоматическими предохранителями, приобретаемыми в магазинах автозапчастей. В любом случае нужен будет предохранитель на 1 ампер и предохранитель на 3 ампера (на стальных торцевых крышках стеклянных предохранителей будут штампы с соответствующими обозначениями 1А и 3А). На картинке показано увеличенное изображение предохранителя типа 2AG с диаметром трубки примерно 5 мм.

Картриджные предохранители зачастую рассчитаны на 250 В, но нам подойдут любые от 10 В и выше. (Понятие «рассчитаны» означает мнение производителя насчет максимального напряжения, подходящего данному товару.)

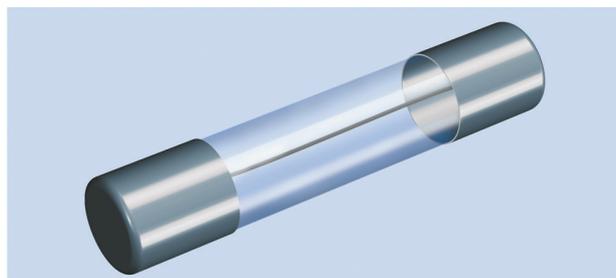


Рис. 1.10. Увеличенное изображение предохранителя типа 2AG диаметром 5 мм

Светодиоды

Светодиоды, больше известные по аббревиатуре LED, могут быть самых разных форм и размеров. Мы воспользуемся так называемыми светодиодными индикаторами, проходящими по каталогам как стандартные светодиоды, вставляемые в панель. В первых двух главах книги проще будет воспользоваться светодиодами диаметром 5 мм, а для всех остальных экспериментов больше подойдут светодиоды диаметром 3 мм, поскольку их будет проще встроить в некоторые макеты с плотным размещением компонентов. Самый обычный красный светодиод изображен на рис. 1.11.

В книге будут часто встречаться обычные красные светодиоды. Дело в том, что именно они по сравнению с приборами, излучающими другой цвет, потребляют меньше тока и начинают светиться при меньшем напряжении, что сыграет важную роль в ряде экспериментов. Под словом «обычные» подразумеваются самые дешевые и доступные светодиоды. Они используются настолько широко, что полезно будет запастись хотя бы дюжиной.

Некоторые светодиоды выполнены в корпусе из прозрачного материала, и излучаемый ими цвет можно увидеть только при подаче питания, а другие, вроде изображенного на рис. 1.11, называемые также диффузными, заключены в пластик, соответствующий цвету излучения. Прозрачные светодиоды ярче, но при прочих равных условиях, я полагаю, что диффузные светодиоды лучше смотрятся.

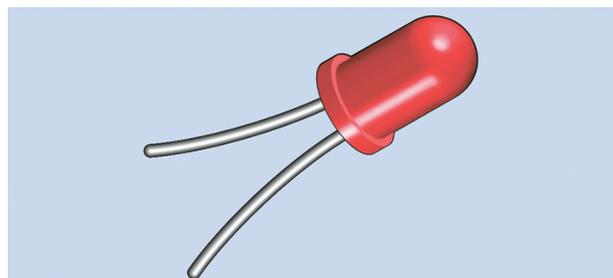


Рис. 1.11. Увеличенное изображение стандартного индикаторного светодиода

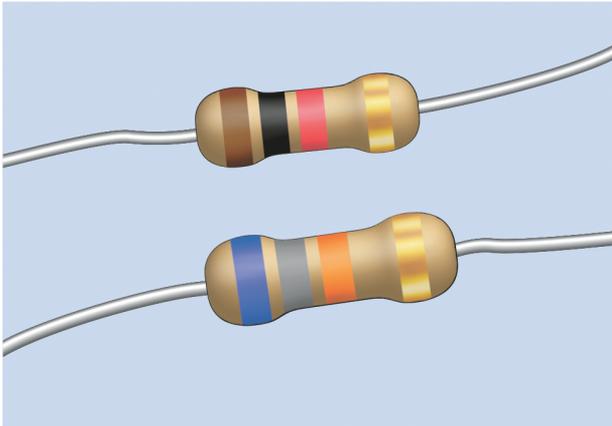


Рис. 1.12. Два обычных резистора

Резисторы

Чтобы задавать напряжение на разных участках электрической цепи, понадобятся различные резисторы (также называемые сопротивлениями). Их увеличенное изображение показано на рис. 1.12 (их реальная длина не превышает полутора сантиметров). Чуть позже мы рассмотрим, как узнать номинал резисторов по цветным полоскам на их корпусе. А цвет самого корпуса нам абсолютно не важен.

Не стоит покупать резисторы по две-три штуки строго под каждый эксперимент. При их мизерных ценах и размерах лучше брать их оптом со скидкой, в наборах или же заказывать на таких сайтах, как eBay. Если вы хотите узнать точные номиналы резисторов, применяемых в каждом эксперименте, загляните в таблицы, приведенные в электронном архиве, прилагаемом к книге.

Что еще нам потребуется

В пятом эксперименте будет показан способ создания собственной «лимонной» батареи. Для проведения этого небольшого опыта потребуются медные монеты (или же другие подобные предметы с медной поверхностью), а также оцинкованные предметы вроде крепежного

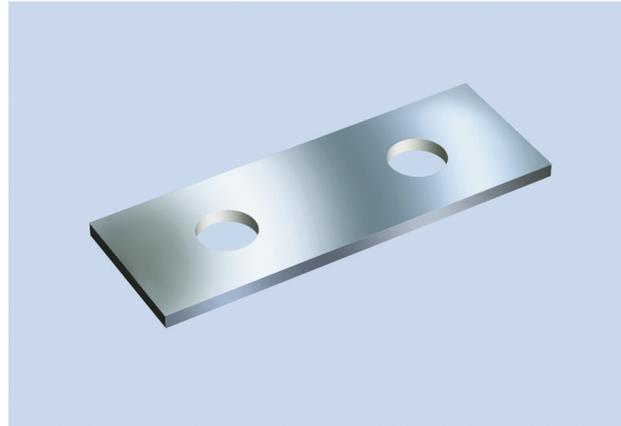


Рис. 1.13. Оцинкованный крепежный элемент. Подыщите пластину длиной более двух с половиной сантиметров. Вместо нее подойдут небольшие скобы

элемента длиной 2–3 см, изображенного на рис. 1.13. Четырех пластин или небольших скоб будет вполне достаточно. Их можно найти в любом хозяйственном магазине.

Новые, менее окисленные монеты будут работать лучше старых. Если в вашей стране медные монеты больше не используются, загляните в прилагаемый к книге электронный архив, где приведены советы по покупкам и можно найти варианты замены.

Блокнот экспериментатора

При проведении эксперимента нужно записывать, как все было устроено и что в итоге произошло. Заметки можно делать на компьютере или в телефоне, но лучше воспользоваться обычным блокнотом. Тогда не придется открывать приложение, прежде чем начать делать записи, и не будет грозить опасность их случайного удаления. Положите его на стол в укромном уголке, и поймете, что он окажется куда полезнее, чем ранее вам представлялось.

Вводная часть закончилась, давайте перейдем к делу!