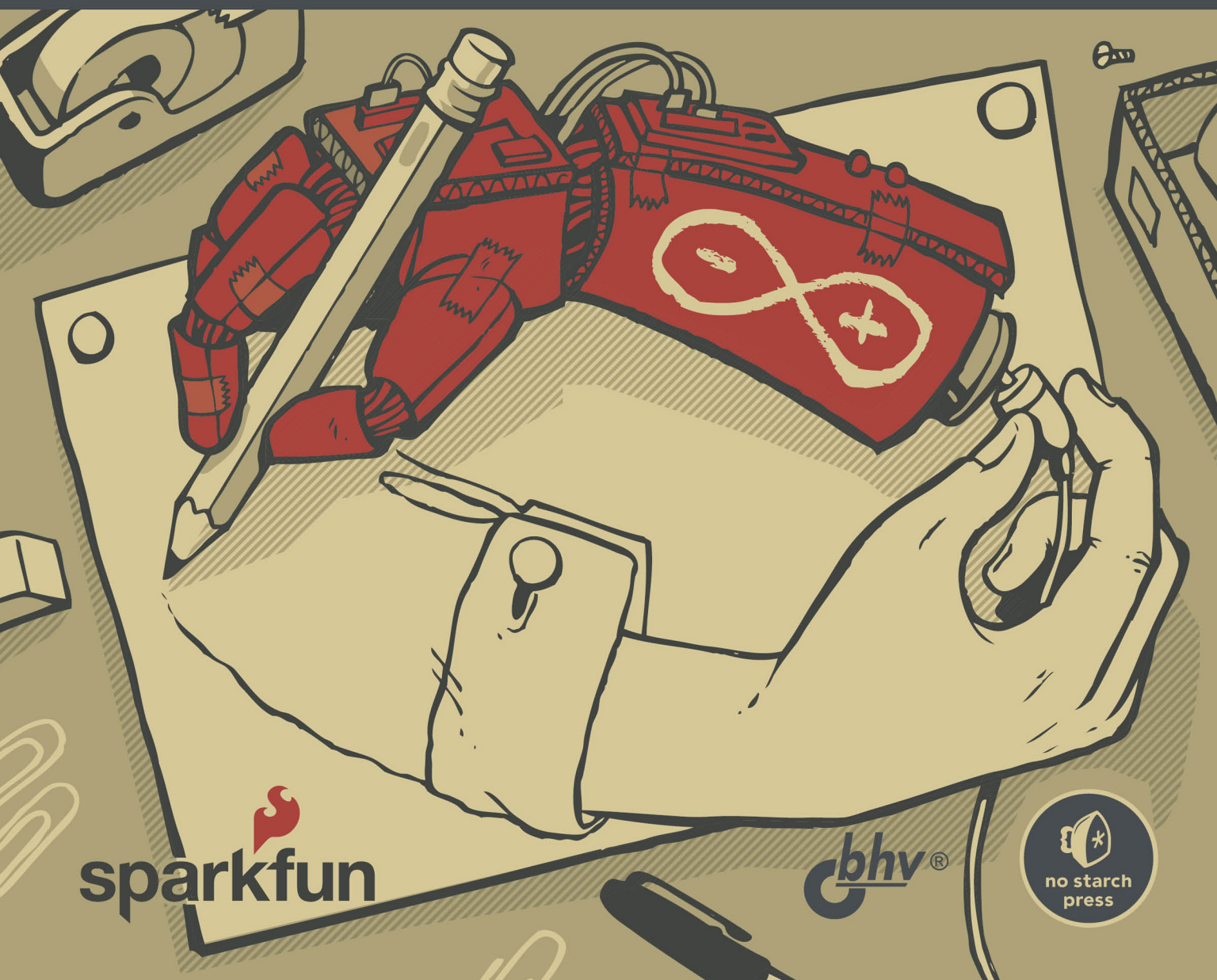


ARDUINO ДЛЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ

ОБУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНИКЕ
НА 10 ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТАХ

БРАЙАН ХУАНГ, ДЕРЕК РАНБЕРГ




sparkfun


bhv®



ПРИЛОЖЕНИЕ. Дополнительные практические сведения по электронике

В этом приложении рассматривается использование мультиметра и паяльника, а также предоставляется информация о том, как расшифровывать значение сопротивления резисторов по их цветным полосам.

Электрические измерения с помощью мультиметра

Мультиметр (тестер) является одним из незаменимых инструментов для диагностирования и поиска и устранения неисправностей в электронных схемах. Как можно понять по его названию, это прибор, способный измерять различные параметры электрических цепей, а именно ток, напряжение, сопротивление и неразрывность.

Теперь давайте разберемся, как с мультиметром работать. Для наглядной демонстрации мы взяли мультиметр VC830L компании SparkFun (TOL-12966), показанный на рис. П.1, но рассматриваемые приемы работы относятся к большинству мультиметров этой категории.

Функциональные части мультиметра

Мультиметр содержит три основные части: дисплей, ручку выбора функций и разъемы (рис. П.1).

Дисплей обычно может отображать четыре цифры и знак минус. Ручка выбора функции позволяет выбирать режим измерения определенного параметра электрической цепи: ток (мА), напряжение (В) или сопротивление (Ом). Каждый режим измерений разбит на несколько диапазонов с разными максимальными значениями.



Рис. П.1. Типичный мультиметр

В некоторых мультиметрах единицы измерения не отображаются. В таких случаях предполагается, что отображаемые значения измеряются в таких же единицах, как и выбранный максимальный предел данного режима измерений. Например, если указатель выбора режима установлен на максимальный предел 200 Ω (200 Ом), то отображаемые значения измеряются в омах. А если указатель установлен на 2, 20 или 200 kΩ, то отображаемые значения измеряются в килоомах.

Большинство мультиметров содержат в комплекте два щупа, которые вставляются в два из трех гнездовых разъемов на передней панели мультиметра. Эти разъемы обозначены: COM, mAVΩ и 10A. Маркировка COM означает *общий*¹ (провод), и вставляемый в это гнездо щуп всегда подключается к «земле» или отрицательному полюсу питания схемы. В гнездо mAVΩ вставляется щуп для измерения тока (mA — мА) до 200 мА, напряжения (V — В) и сопротивления (Ω — Ом). В гнездо 10A вставляется щуп для измерения токов, превышающих 200 мА.

Большинство щупов для мультиметров оснащены стандартным штекером типа «банан» на конце, который вставляется в гнездо мультиметра. Другой конец стандартного щупа оснащается штыревым пробником, но также имеются щупы с зажимом типа «крокодил», клипсой или иным типом наконечника. Для большинства измерений черный щуп вставляется в гнездо COM, а красный — в гнездо mAVΩ.

Определение неразрывности электроцепи

Этот режим измерений обозначается на мультиметре символом, показанным на рис. П.2.

Определение неразрывности электроцепи является, пожалуй, самой важной функцией при

¹ От англ. Common — общий.

поиске и устранении неисправностей схем. Эта функция позволяет выполнить проверку электрической цепи на отсутствие разрывов в ней, а также убедиться в наличии или отсутствии электрических соединений.

Проверка выполняется подключением одного щупа к одному концу цепи, а другого щупа — к другому. При отсутствии разрывов встроенный в мультиметр зуммер будет издавать непрерывный тон. В ранних версиях тестеров вместо тона использовался звонок, и поэтому проверка на неразрывность цепи в профессиональных кругах называется *прозвонкой* электроцепи. С помощью этой функции можно проверить, какие гнезда макетной платы соединены между собой, а какие нет.

Диаметр щупов обычно слишком велик, чтобы вставить их непосредственно в гнезда макетной платы, но эта проблема решается просто: сначала провода вставляются в гнезда платы, а уже к проводам прижимаются пробники. Эту функцию также можно использовать для трассировки проводников схемы, приставив пробники к противоположным концам проводника. При проверке неразрывности цепи не имеет значения, какой щуп подключать к какому концу цепи, поскольку проверяется лишь сам факт соединения этих концов между собой электрически.

Измерение сопротивления

Этот режим измерений обозначается на мультиметре символом, показанным на рис. П.3.

Описанная только что проверка цепи на неразрывность является, по сути, видом измерения сопротивления. В частности, зуммер звучит и при низком сопротивлении измеряемого элемента цепи. Но чтобы узнать значение сопротивления, прибор необходимо переключить в режим измерения сопротивления. Для этого переключатель режимов нужно установить на одну из меток в области, обозначенной символом «омега» Ω , который представляет единицу сопротивления Ом. При этом нужно обязательно убедиться, что на измеряемый резистор или другой элемент не подается питание. Также, в целях повышения точности

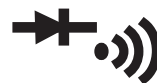


Рис. П.2. Символ режима определения неразрывности электроцепи



Рис. П.3. Символ режима измерения сопротивления

измерений, по крайней мере один вывод измеряемого элемента не должен быть ни к чему подключен. Как и многие другие электрические элементы, резистор имеет два вывода. Чтобы измерить его сопротивление, просто прикоснитесь концами щупов к его выводам. Так же, как и при определении неразрывности электроцепи, не имеет значения, какой щуп подключать к какому выводу резистора.

Область измерения сопротивления разбита на несколько диапазонов с разными предельными значениями измерения. Например, чтобы с точностью измерить сопротивление резистора малого номинала, переключатель режимов следует установить на указатель одного из низших пределов — например, на 200 Ω .

Если измеряемое сопротивление выше установленного максимального значения, на дисплее мультиметра будут отображаться символы [1.] без нулей. В таком случае просто установите переключатель на следующий более высокий предел и повторите попытку.

Попробуйте измерить сопротивление какого-либо резистора. В частности, попробуйте измерить сопротивление резистора номиналом 330 Ом (оранжевая, оранжевая и коричневая полоски). Какие показания у вас получаются на разных установленных пределах? Реальное сопротивление всех резисторов отличается от указанного номинального в пределах допустимого отклонения, или допуска. Такой допуск обычно составляет 5 процентов и указывается четвертой полоской. Каков процент отклонения измеренного вами значения сопротивления резистора от указанного номинального? Находится ли он в пределах допустимого?

Теперь измерьте сопротивление фоторезистора. При этом держите над фоторезистором руку или какой-либо непрозрачный предмет и замерьте сопротивление фоторезистора при разной высоте над ним затеняющего его объекта.

Измерение напряжения

Этот режим измерений обозначается на мультиметре символом, показанным на рис. П.4.



Рис. П.4. Символ режима измерения напряжения

Напряжение представляет собой разницу электрических потенциалов между двумя точками. Подобно режиму измерения сопротивления, режимы измерения напряжения также имеют несколько диапазонов с разными максимальными пределами.

Вы, наверное, обратили внимание, что режим измерения напряжения в действительности обозначается двумя символами: один — с прямыми линиями, другой — с одной волнистой линией. Символ с двумя прямыми линиями обозначает измерение напряжения постоянного тока, который является наиболее часто используемым типом тока в электронике (по крайней мере, в цифровой электронике). А волнистая линия обозначает переменный ток, примером которого может служить ток в электрической сети вашего дома. Таким образом, для измерения напряжения используется два режима: режим измерения постоянного напряжения и режим измерения переменного напряжения. Поэтому при измерении напряжения нужно в обязательном порядке правильно установить переключатель режимов. В подавляющем большинстве случаев это будет постоянное напряжение. Для большинства проектов этой книги самым лучшим диапазоном измерений будет диапазон с пределом 20 В, поскольку все напряжения в Arduino не превышают 5 В.

Для практики попробуйте измерить напряжение на плате Arduino. Для этого подключите плату Arduino к компьютеру и подсоедините черный

щуп к гнезду, обозначенному GND («земля»). Затем касайтесь красным щупом разных точек на плате (при этом соблюдая максимальную осторожность, чтобы случайно не замкнуть щупом соседние дорожки, что чревато опасностью вывода платы из строя) или гнезд выводов. Какие показания отображаются для вывода, обозначенного 5 В (5V)? А для вывода 3.3 В (3,3V)?

Измерение тока

Этот режим измерений обозначается на мультиметре символом, показанным на рис. П.5.



Рис. П.5. Символ режима измерения тока

Ток представляет собой поток зарядов в замкнутой электрической цепи. Сила тока определяется как скорость перемещения зарядов по цепи и измеряется в амперах (А). Чтобы измерить скорость перемещения зарядов и, таким образом, измерить силу тока в цепи, необходимо сделать разрыв цепи в точке, в которой нужно измерить силу тока, и подсоединить щупы мультиметра к обоим концам разрыва. При этом переключатель режима надо установить на измерение тока, а также на диапазон с необходимым пределом. Если ожидается, что ток в точке измерения будет выше 200 мА, установите переключатель на значение 10 А и также вставьте красный щуп в гнездо, обозначенное 10 А. Если вы не уверены, какой может быть сила тока в измеряемой точке, это будет самый безопасный диапазон, с которого начинать измерение. Установка неправильного диапазона может повредить мультиметр.

Например, чтобы измерить ток, проходящий через простую цепь из светодиода и резистора, щупы можно вставить в разрыв цепи между светодиодом и резистором, как показано на рис. П.6. При этом путь тока должен проходить через мультиметр. Поскольку это последовательная цепь, ток можно измерять в разрыве в любой точке цепи: до светодиода, после светодиода или после резистора.

При измерении тока важно, чтобы измеряемый ток не превышал установленного предела измерений мультиметра. Сведения о максимально допустимой величине тока, который может измерять ваш мультиметр, можно найти в документации на него. Превышение этого предела может вызвать перегорание плавкого предохранителя мультиметра. Но не переживайте, если это случится, поскольку новый предохранитель стоит совсем недорого. Чтобы заменить перегоревший предохранитель, придется открыть заднюю крышку корпуса мультиметра, отвинтив крепежные шурупы. При подключении красного щупа в стандартный разъем $\text{mA}\Omega$ можно безопасно измерять ток величиной до 200 мА.

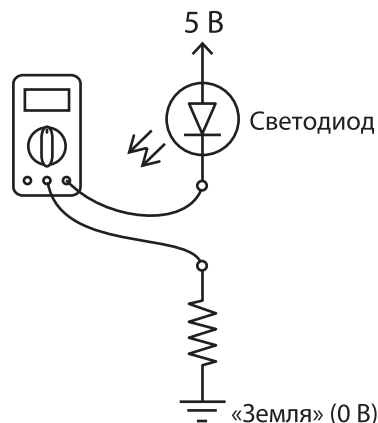


Рис. П.6. Подключение мультиметра в разрыв цепи для измерения тока

Работа с паяльником

Навыки пайки являются одними из самых основных навыков, которыми следует владеть при создании прототипов электронных проектов. Процесс пайки состоит из нанесения на спаиваемые компоненты расплавленного специального металла, называемого *припоем*, так, чтобы он обволакивал эти компоненты, и затем позволения ему остыть, надежно скрепив компоненты. Пример пайки показан на рис. П.7.

Обычный припой (рис. П.8) представляет собой проволоку из сплава олова и свинца и плавится при сравнительно низкой температуре. В частности, современные припои плавятся при температуре около 180 °С, что приблизительно равно температуре при выпечке печенья. Большинство припоев, используемых для пайки электронных деталей, имеют сердечник из *флюса*. Флюс — это

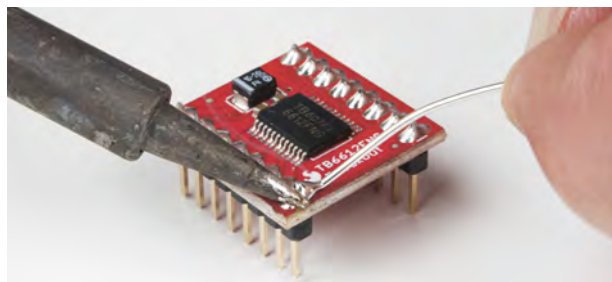


Рис. П.7. Пайка



Рис. П.8. Катушка припоя

специальное вещество, способствующее надежной адгезии (прилипанию) припоя к спаиваемым деталям. При плавлении припоя флюс помогает удалять грязь со спаиваемых поверхностей и улучшает их обволакивание припоем.

Припой плавится с помощью *паяльника*. Большинство паяльников имеют длину около 20–25 см и состоят из двух основных частей: деревянной или пластмассовой ручки и заключенного в металлический кожух нагревательного элемента с жалом (рис. П.9).

Существует много разных типов и стилей паяльников. Самые дешевые стоят около 10 долларов (60 рублей) и обычно имеют постоянный нерегулируемый нагрев. Но рекомендуется приобрести для работы паяльник с каким-либо типом

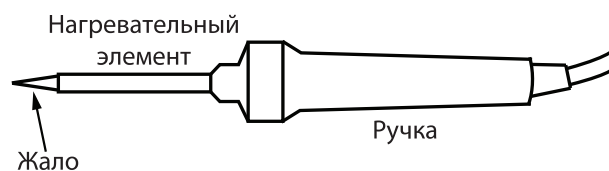


Рис. П.9. Типичный паяльник

регулировки нагрева жала. Оптимальная рабочая температура жала паяльника составляет около 345 °С. При слишком высокой температуре жало будет быстро окисляться и загрязняться, а при слишком низкой температуре припой не станет плавиться. Наличие регулировки температуры жала решает эти две проблемы и стоит нескольких лишних рублей.

Будьте осторожны при работе с паяльником — после включения жало нагревается очень быстро до температуры плавления металла. Это очень высокая температура! Всегда беритесь за паяльник со стороны ручки и никогда со стороны нагревательного элемента, даже когда вы думаете, что он выключен.

Также следует защитить рабочую поверхность стола, положив на нее кусок картона, коврик для резки или кусок фанеры или доски. Прежде чем приступить к работе с паяльником, всегда наденьте какую-либо защиту для глаз. Горячий припой и флюс имеют свойство иногда разбрызгиваться. Хотя эти брызги совсем небольшие, они достаточно велики, чтобы повредить ваши глаза. Так что лучше обезопасить их от этой неприятности.

Разогревание паяльника

Для работы с паяльником включите его и дайте время, чтобы жало нагрелось до рабочей температуры. В зависимости от типа паяльника это может занять от около 30 секунд до пары минут. Пока паяльник разогревается, убедитесь, что он

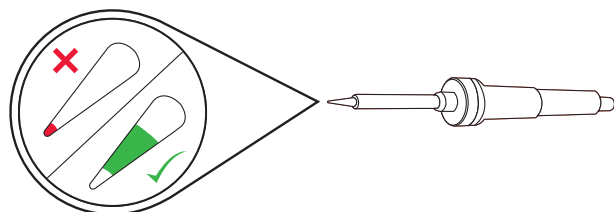


Рис. П.10. Температура стороны жала намного выше температуры кончика жала

Неправильно: Не используйте самый кончик жала.

Правильно: Используйте сторону жала, ближнюю к его кончику, — «сладкое пятнышко».

установлен на подставке таким образом, чтобы жало не касалось стола или другой поверхности, на которой вы работаете.

Разогретый надлежащим образом паяльник должен легко плавить припой. Проверьте это, коснувшись кусочка припоя стороной жала, ближней к его кончику. Это самая горячая область жала (рис. П.10), и именно ее нужно использовать для разогрева компонентов и плавки припоя. Если припой сразу же начал плавиться, жало достаточно горячее, и можно приступить к работе.

Советы по улучшению навыков пайки

Вопреки тому, что вы можете предполагать, при пайке мы не касаемся жалом паяльника непосредственно самого припоя, чтобы расплавить его. Вместо этого мы разогреваем жалом спаиваемые компоненты в течение около 2–3 секунд, а затем касаемся припоем нагретой точки, в результате чего он расплавится. Расплавленный припой всегда стремится к источнику тепла и оседает на самой горячей точке компонента. Если плавить припой, касаясь им непосредственно жала паяльника, он может собраться в каплю на жале и отказаться переходить на спаиваемые детали. Если такое случится, просто очистите жало паяльника (см. об этом далее) и повторите попытку. Удерживайте паяльник в своей «рабочей» руке со стороны ручки таким образом, как будто бы это карандаш. В другой руке удерживайте отрезок припоя. Будьте осторожны, чтобы не держаться за припой слишком близко к его расплавляемой области, чтобы не обжечь пальцы.

Прикоснитесь стороной жала паяльника к спаиваемым деталям. При этом жало должно касаться обеих спаиваемых деталей, чтобы они обе разогревались равномерно (см. рис. П.7). Отсчитайте три секунды: «раз одна тысяча, два одна тысяча, три одна тысяча»².

² Английский метод отсчета секунд: one one-thousand, two one-thousand, three one-thousand. Вроде бы должен работать и по-русски. Или пользуйтесь секундомером.

Затем, продолжая касаться жалом компонентов, прикоснитесь кончиком отрезка припоя к спаиваемому месту. Помните, что расплавленный припой стремится к источнику тепла.

Когда соединение содержит достаточно припоя, удалите остальной припой, но удерживайте жало на месте еще одну секунду. Это позволит припою равномерно распределиться и осесть в месте пайки. Удалите паяльник от места пайки и установите его обратно на подставку.

Поверхность застывшего припоя в хорошей пайке должна быть гладкой и немного блестящей.

Место пайки выводов деталей в отверстиях печатной платы часто выглядит как конус вулкана или шоколадная конфетка Hershey's kiss³. Чтобы научиться хорошо паять, необходима практика, поэтому если ваша пайка не выглядит гладкой и блестящей, попробуйте еще нагреть место соединения, чтобы снова дать припою растечься и осесть на деталях, или же добавьте еще чуток припоя.

На рис. П.11 показаны примеры правильного паяного соединения и некоторые распространенные огрехи пайки и возможные способы их устранения.

³ См. https://en.wikipedia.org/wiki/Hershey's_Kisses.

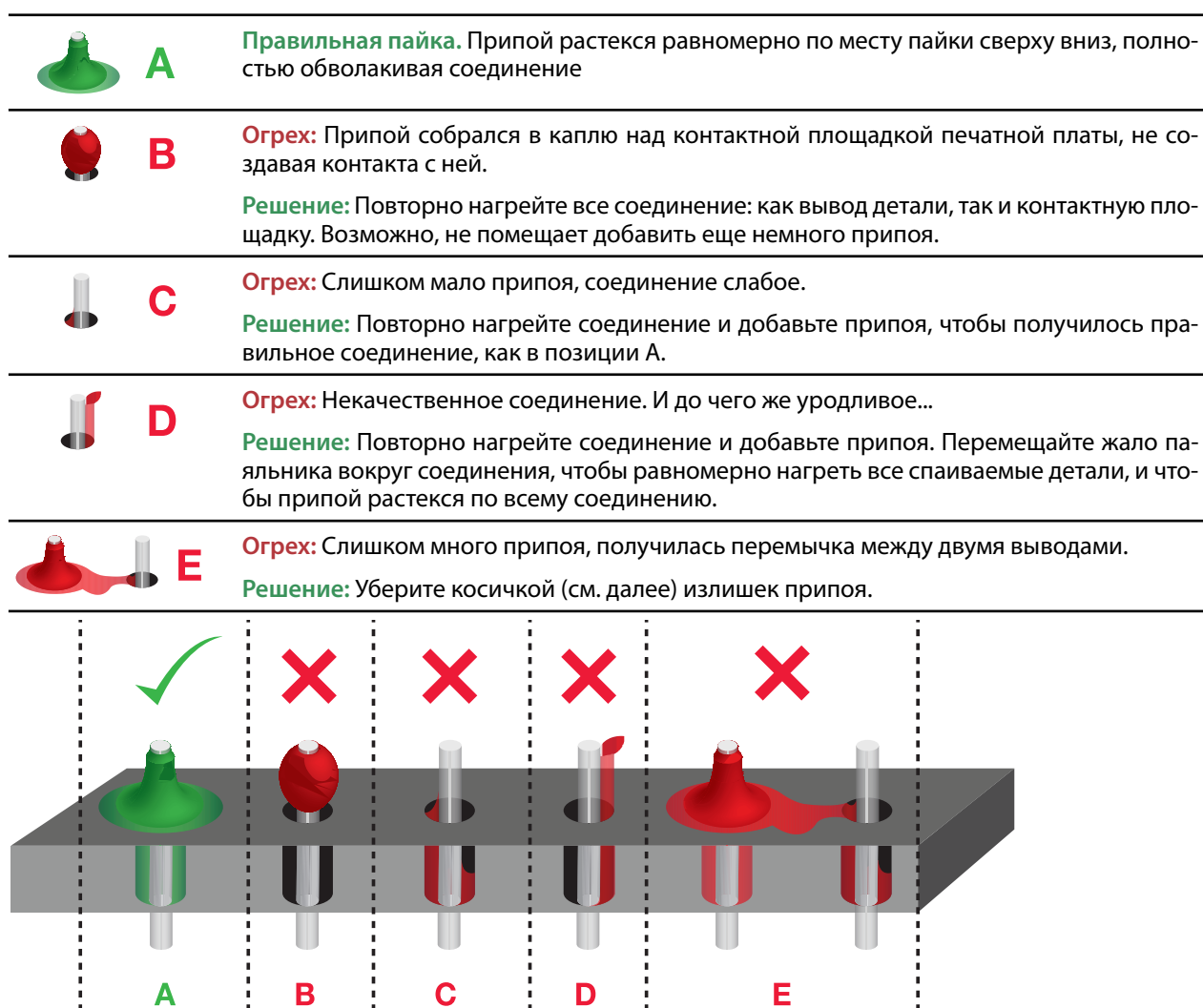


Рис. П.11. Правильное паяное соединение и наиболее распространенные огрехи пайки и способы их устранения

Очистка паяльника

Один из секретов получения хороших паяных соединений заключается в чистоте жала паяльника. Жало рекомендуется очищать перед каждым использованием паяльника. Это можно делать, нагрев паяльник и потерев жало о латунный скребок (наподобие скребка из нержавеющей стали для мытья посуды) или о мокрую губку, чтобы стереть излишек припоя или накопившиеся окисления.

Если жало настолько загрязнилось, что указанные методы очистки не работают, его можно очистить с помощью специальной смеси слабой кислоты и припоя Tip Tinner and Cleaner (TOL-13246). Для этого разогрейте паяльник, вставьте жало паяльника в состав для чистки и лужения и удерживайте в течение около 10–15 секунд, чтобы дать составу разъесть окисления и загрязнения. Затем извлеките паяльник и вытрите жало о губку. Повторите процедуру, если необходимо. После этого жало паяльника должно быть покрыто тонким слоем припоя.

Примечание

Некоторые типы припоя содержат свинец, который является токсичным металлом. Но независимо от типа используемого вами припоя, настоятельно рекомендуется мыть руки после выполнения паяльных работ.

Советы по работе с паяльником

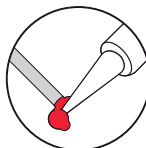
На рис. П.12 показано еще несколько советов по работе с паяльником.



Правильно: Жало паяльника касается одновременно как вывода компонента, так и кольца контактной площадки.



Правильно: Удерживая жало паяльника в контакте с выводом и кольцом контактной площадки, подавайте припой в место пайки..



Неправильно: Не расплавляйте припой на жале паяльника, нанося его затем жалом на соединение.



Правильно: Очищайте жало паяльника, когда на нем накопятся окисления.

Рис. П.12. Дополнительные советы и рекомендации по работе с паяльником

Умение работать с паяльником должно присутствовать в арсенале навыков любого любителя электроники. Если вы решите сделать свои прототипы постоянно действующими и прочными, монтаж пайкой обеспечит намного более надежные и долговременные соединения.

Дополнительные инструменты для паяльных работ

Далее кратко рассматриваются несколько дополнительных инструментов, использование которых поможет вам получать качественные паяные соединения на постоянной основе. Это инструменты для удерживания спаиваемых деталей, очистки соединений и удаления излишков припоя.

«Третья рука»

«Третья рука» — это, по сути, зажим для удерживания спаиваемых деталей, и он станет одним из

наиболее полезных помощников при выполнении паяльных работ. Существует много разновидностей «третьей руки», но большинство из них представляют собой просто пару зажимов типа «крокодил» на стойке с тяжелым основанием, с помощью которых можно закрепить спаиваемые детали, освобождая руки для держания паяльника и припоя. Многие варианты «третьей руки» оснащены увеличительным стеклом и небольшим держателем для паяльника. Пример такой «третьей руки» показан на рис. П.13.



Рис. П.13. «Третья рука» с увеличительным стеклом и держателем для паяльника

Флюс-аппликатор

Одним из секретов получения качественных паяных соединений является чистота спаиваемых деталей, что обеспечивается нанесением на место пайки флюса. Флюс — это чистящая жидкость небольшого уровня кислотности, которая часто изготавливается на основе сосновой канифоли. Флюс-аппликатор (рис. П.14) работает наподобие чернильного маркера — просто нажимаем кончиком маркера на спаиваемое соединение, пока на него не перейдет небольшая капля флюса. После этого приложите жало паяльника непосредственно в точку пайки и внесите припой. С использованием флюса припой расплавится намного быстрее и будет иметь лучшую адгезию со спаиваемыми деталями.



Рис. П.14. Аппликатор с водорастворимым флюсом

Флюс творит чудеса при пайке, но он слегка едкий, поэтому следите за тем, чтобы свести к минимуму контакт флюса с кожей, и мойте руки сразу же после работы с ним.

Косичка для удаления припоя

Иногда случается, что в место пайки наносится слишком много припоя, или припой попадает в место, где его не должно быть. С удалением излишков припоя вам помогут следующие два приспособления. Первым из них является косичка из тонких медных проводов, показанная на рис. П.15.

Косичкой пользуются следующим образом. Положите конец косички поверх места с лишним припоем и приложите к косичке жало паяльника. Когда косичка нагреется до достаточной температуры, она расплавит находящийся под ней припой и впитает его в себя. Убрав косичку, мы уберем вместе с ней и лишний припой.

Но нужно следить за тем, чтобы удерживать жало паяльника на косичке при ее снятии. Если убрать паяльник от косички слишком рано, она припаяется к соединению. В таком случае просто снова нагрейте косичку и удалите ее.



Рис. П.15. Косичка для удаления припоя

Вакуумный отсос

Вторым инструментом для удаления лишнего припоя является вакуумный отсос. Этот инструмент похож на большой шприц. При нажатии на поршень шприца он сжимает находящуюся под ним пружину, и поршень фиксируется в нижнем положении защелкой. При нажатии на кнопку освобождения защелки под воздействием пружины поршень шприца резко поднимается вверх, создавая вакуум в носике.

Разогрейте место с лишним припоем, чтобы он полностью расплавился и стал текучим. Продолжая разогревать припой, быстро приложите

носик отсоса к лужице припоя и нажмите кнопку освобождения поршня. Создаваемый поршнем вакуум должен всосать расплавленный припой в корпус отсоса.

Если убрать лишний припой с первого раза не получилось, повторите попытку. Использование этого инструмента требует определенной сноровки и быстроты действий. Иногда полезно добавить дополнительный припой к тому, который нужно убрать.

Полосатые резисторы

Резисторы бывают самых разных номиналов. Но как определить сопротивление резистора, если на нем нет никаких цифр или текста?

Значения сопротивлений резисторов обозначаются с помощью системы цветных полос. Принцип работы этой системы показан на рис. П.16.

Обычно резисторы имеют четыре или пять цветных полос. Последняя полоса обозначает допустимое отклонение в процентах действительного значения сопротивления резистора от номинального значения. Большинство резисторов имеют допуск величиной 5 процентов, который обозначается золотистой полосой. Это означает, что действительное значение резистора может отклоняться на 5 процентов от указанного номинального значения. Например, действительное сопротивление резистора с номинальным сопротивлением 10 кОм и допуском 5 процентов может быть где-то в диапазоне от 9,5 до 10,5 кОм. При этом считается, что такой резистор имеет сопротивление 10 кОм.

Маркировочные полосы читаются слева направо, с полосой допуска (обычно золотистой или серебристой), расположенной справа. В случае резисторов с четырьмя маркировочными полосами

первые две полосы обозначают базовое значение, а третья — степень множителя 10. Для резисторов с пятью маркировочными полосами базовое значение обозначается первыми тремя полосами, а четвертая полоса обозначает множитель.

Определим, например, сопротивление резистора, обозначенное коричневой, черной и оранжевой полосами. Согласно таблице, представленной на рис. П.16, коричневая полоса обозначает 1, а черная 0. Таким образом, базовое значение равно 10. Третья полоса, оранжевая, обозначает степень 3 множителя 10, то есть 10^3 или 1000. Умножая базовое значение 10 на множитель 1000, получаем 10 000 Ом или 10 кОм. Наконец, четвертая полоса, золотистая, обозначает допуск 5 процентов.

Чтобы справка по цветовому коду резисторов всегда была у вас под рукой, можно вырвать из книги страницу с таблицей и разместить ее в легкодоступном месте. Не волнуйтесь — мы не скажем библиотекаряше.

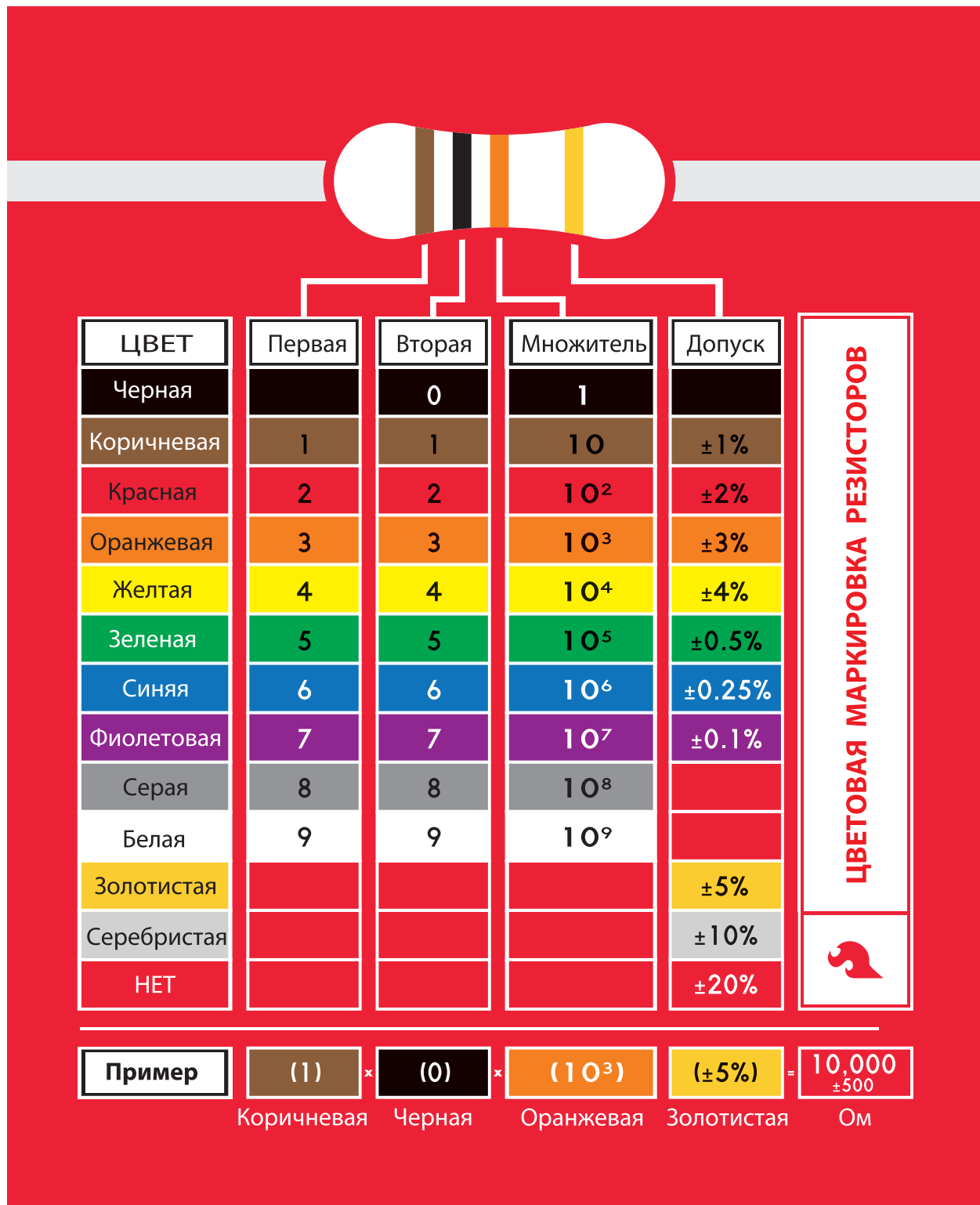


Рис. П.16. Шпаргалка цветовой маркировки резисторов