

# От автора

Книга Р. А. Свореня «Электроника шаг за шагом» впервые была издана в конце 70-х годов прошлого столетия. С тех пор прошло достаточно времени, чтобы успело смениться два поколения электронных приборов. Сначала дискретные транзисторы и диоды сменились микросхемами малой степени интеграции. Затем довольно быстро базовой платформой для разработки электронных изделий стали большие и сверхбольшие интегральные схемы (БИС и СБИС) – микропроцессоры, микроконтроллеры и ПЛИС (программируемые логические интегральные схемы). Кроме того, возникли целые классы электронных компонентов, ранее не существовавшие: интегральные стабилизаторы питания (в том числе экономичные импульсные), специализированные микросхемы для проводной и беспроводной связи, недорогие аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи.

Самая впечатляющая революция произошла в отображении информации: появились жидкокристаллические и светодиодные индикаторы и дисплеи, плоские телевизионные экраны. Традиционные лампочки накаливания были очень быстро вытеснены светодиодами сначала в области сигнализации, а в последние годы и в осветительных приборах, включая бытовые.

Одновременно с появлением плоских экранов телевидение все увереннее стало двигаться в сторону цифровизации: современный телевизор представляет собой в сущности весьма навороченный компьютер, с самыми продвинутыми сетевыми и мультимедийными функциями. Принципы передачи изображений существенно изменились. Ко времени написания этих строк подробно описанное Р. А. Своренем аналоговое телевидение в большинстве государств мира либо отключено полностью, либо планируется к отключению в ближайшее время (в том числе и в России).

Электроника быстро движется в сторону все большей миниатюризации – не только из-за появления микросхем с огромным количеством функций на одном кристалле, но и из-за уменьшения их собственных габаритов и снижения тепловыделения. Например, вполне функциональный компьютер умещается на плате 50×70 мм (Raspberry Pi). Уменьшились и сопутствующие компоненты: так, малые потери ключей на полевых транзисторах позволяют упаковать преобразователь питания мощностью в сотню с лишним ватт в объем порядка 50 см<sup>3</sup>.

Перечисление подобных примеров можно было бы продолжать до бесконечности, но нам сейчас важно подчеркнуть другой очень важный

момент: обучение электронике нельзя начинать сразу с микроконтроллеров и БИС. Дети в школах начинают обучаться письму не с компьютерных клавиатур, а по-прежнему с прописей, ручки и линованного листка бумаги, а спутниковая навигация не отменяет обучение моряков умению ориентироваться по компасу и звездам. Точно так же каждый электронщик обязан знать, как включать дискретный транзистор и светодиод, зачем нужны резисторы разных размеров и для чего применяются конденсаторы различных типов. Он должен уметь собрать генератор импульсов на транзисторах и микросхемах малой степени интеграции, построить простейший усилитель на дискретных компонентах, освоить обращение с операционными усилителями и логическими элементами. Только такая подготовка позволит ему в полной мере, с пониманием сути происходящего освоить современные микроэлектронные средства.

Исходя из таких соображений был разработан этот «Практикум» как дополнение к переизданию книги Р. А. Свореня. Примеры, включенные в текст оригинального издания книги, устарели и морально, и в части применяемых схмотехнических решений. Сейчас мало кому придет в голову самостоятельно проектировать средневолновый приемник с применением вручную намотанных катушек индуктивности и громоздких конденсаторов переменной емкости – на дворе век иных технических решений. К тому же коммерческое вещание на средних и длинных волнах, подобно аналоговому телевидению, давно уже сведено к минимуму. Зато широко распространились темы различных устройств управления и автоматики, дистанционного сбора данных, преобразования из аналогового в цифровой вид и обратно.

Поэтому в «Практикуме» собраны актуальные на сегодняшний день примеры с применением современных компонентов. Основная компонентная база для выполнения примеров из «Практикума» – дискретные компоненты (транзисторы, диоды, светодиоды, резисторы и конденсаторы), операционные усилители и компараторы общего назначения, а также логические микросхемы низкой и средней степени интеграции на основе КМОП-технологии (серия CD4000 и ее отечественные аналоги). Все дискретные компоненты подразумеваются с гибкими выводами (в том числе и транзисторы), микросхемы – в DIP-корпусе, что облегчает макетирование и отладку схем на безопасной макетной плате. Отметим, однако, что такой подход ограничивает ассортимент доступных компонентов (отчего иногда приходится нарушать этот принцип), а также пределы миниатюризации любительских устройств.

Полевые транзисторы в прошлом веке считались еще довольно экзотическим компонентом со своими специфическими областями применения. К тому же их существовало большое количество разновидностей, сильно различающихся по свойствам, что запутывало любителя в при-

менении этих типов транзисторов. Картина изменилась в последнюю четверть века, когда промышленность начала выпускать полевые МОП-транзисторы (англ. MOSFET), предназначенные для использования в качестве мощных ключей. В современном пособии эту тему обойти невозможно, поэтому в «Практикуме» некоторые *Эксперименты* посвящены применениям MOSFET-транзисторов, хотя в книге Р. А. Свореня [1] о них нет ни слова.

Вы встретите в книге также примеры реализации устройств на основе Arduino. Обойти вниманием эту платформу, занимающую сейчас доминирующее место в среде любителей электроники, было бы ошибочным шагом. Тем более что огромное количество устройств реализуется с помощью микроконтроллеров проще, дешевле и быстрее, чем на аналоговых компонентах, доминировавших во времена издания книги Р. А. Свореня. Конечно, переход к Arduino требует некоторого набора специфических знаний и умений (вроде элементов программирования), но мы здесь предполагаем, что заинтересованный читатель уже приобрел их самостоятельно. И на интернет-ресурсах, и в виде бумажных изданий существует огромное количество пособий по основам платформы Arduino, так что в неведении читатель не останется. В архиве, который можно скачать по адресу <http://revich.lib.ru/AVR/praktikum.zip>, вы найдете тексты и примеры программ, обсуждаемых в примерах из этой книги.

Разделы «Практикума» в основном следуют тематике глав в современном переиздании «Электроники шаг за шагом» [1]. Ссылки на конкретные разделы в книге Р. А. Свореня могут выглядеть, например, как «глава 12; 10», – это означает 10-й раздел главы 12. Большинство тем «Практикума» содержит краткий обзор теоретических основ предложенной темы. Такой обзор может размещаться в начале главы или по ходу изложения, сопровождая изучение практических примеров определенной тематики. В каждом *Эксперименте*, содержащем один или несколько родственных практических примеров, в начале приводится список необходимых компонентов, материалов и оборудования. В необходимых случаях в нем приводятся аналогии для возможной замены компонентов. Подробные справочные данные компонентов приводятся в исключительных случаях – в документации, свободно доступной в интернете для любого компонента, все равно можно почерпнуть сведений больше, чем уместится в этой книге. Однако, чтобы не терять времени на обращение к такой документации каждый раз при сборке схемы, в *приложении 2* приведена разводка выводов некоторых компонентов, часто используемых в примерах «Практикума».

Необходимое пояснение по поводу термина «земля» – почему оно в этой книге всегда заключено в кавычки? Дело в том, что в электротехнике есть совершенно определенное понятие *земли* (без кавычек) – это общий для всех электростан-

ций мира нулевой потенциал, который привязан к поверхности земного шара. Общий провод электронных схем может с этим потенциалом соединяться (как, например, во многих устройствах бытовой техники), но в огромной части случаев этого не происходит и даже не рекомендуется. Поэтому называть общий провод электронных схем землей как минимум неграмотно (если вы заглянете в ГОСТы, то увидите, что у них даже разные графические обозначения). А как максимум такая путаница может в определенных ситуациях привести к существенным неприятностям, если кто-то перепутает эти термины. Правильнее было бы вообще отказаться от термина «земля» в приложении к электронным схемам, но термин прижился со времен ламповой радиотехники, где общий провод действительно рекомендовалось соединять с электротехническим заземлением. И даже повсеместно принятое английское обозначение GND (сокращение от *ground* – земля) следует этому заблуждению. Поэтому остается только заключать «землю» в кавычки, показывая таким образом, что мы с электриками имеем в виду разные понятия.

Перед изучением примеров из «Практикума» рекомендуется ознакомиться с разделом «Инструменты, материалы, технологии и оборудование», из которого вы узнаете, какие вещи приобрести вам придется обязательно, какие – желательно, а также о простейших методах сборки любительских электронных устройств в современных условиях. Обозначения и единицы измерения физических величин, а также некоторые принятые обозначения на электрических схемах приведены в *приложении 1*.

Замечания, предложения, указания на неточности и ошибки шлите через обратную связь на сайте издательства ДМК Пресс (*dmpkpress.com*) или лично автору по электронному адресу *revich@lib.ru*.

# Инструменты, материалы, технологии и оборудование

Для успешного создания надежных, эстетичных и удобных в обращении электронных устройств придется потрудиться. Заметим, что этому вопросу традиционно уделяется мало внимания в радиолюбительских пособиях – дело обычно ограничивается описанием принципиальной схемы и макета, а все остальные операции (создание платы, постановка в корпус, выбор и подключение источников питания, внешнее оформление и т. д.) выносятся за скобки – молчаливо предполагается, что читатель этими вопросами уже владеет. Что совершенная неправда – все такие операции отнимают гораздо больше времени и труда, чем просто отладка схемы на макете. Потому стоит предусмотреть все мелочи заранее.

## *Подробности*

Индустрия старается угодить нуждам радиолюбителей, и в последние десятилетия появилось большое количество более-менее типовых платформ, ориентированных в основном на применение контроллеров Arduino в комплекте с различными датчиками и периферийными устройствами. В качестве примера можно привести отечественную платформу «Тройка», популяризируемую в известном интернет-магазине «Амперка», а также через сеть магазинов «Чип и Дип». В платформу входят различные переходные платы и модули, а также периферийные устройства с типовыми разъемами, что позволяет, не прикасаясь к паяльнику, собирать законченные устройства. Конечный результат представляет собой довольно громоздкую этажерку плат с торчащими во все стороны проводами. Конструкция обладает одним-единственным достоинством: быстротой сборки, не требующей каких-либо инструментов. Но, кроме ненадежности, излишне больших габаритов и стоимости, такое «изделие» обладает еще одним существенным недостатком: в нем затруднен доступ к отдельным компонентам при отладке. Кроме того, вы почти наверняка упретесь в отсутствие каких-то необходимых комплектующих, оформленных в нужном стандарте. Потому такой подход очень выгоден изготовителям, но совершенно неприемлем для изготовления сколько-нибудь удобных и эстетичных устройств.

Больше подробностей о радиолюбительских технологиях, применяемых инструментах и материалах вы можете узнать из книги автора «Занимательная электроника» [4].

## Инструменты

Разумеется, все обычные инструменты для работы по пластику и металлу вам также понадобятся – напильники и надфили, ножовки со смен-

ными полотнами, дрель и шуруповерт, большие и маленькие отвертки, ножницы по металлу, часовые отвертки и т. д. Однако набор инструментов, необходимых любителю электроники, включает несколько позиций, отличных от обычно имеющихся в арсенале домашнего мастера. Перечислим самые употребительные:

- бокорезы и кусачки;
- медицинский пинцет;
- маленькие пассатижи (тонкогубцы);
- шило монтажное (прямое и изогнутое);
- два паяльника разной мощности (маленький 20–25 Вт и побольше 50–100 Вт);
- микродрель с цанговым зажимом для сверл 0,5–3 мм;
- канцелярский или строительный резак;
- строительный фен или турбозажигалка для осадки термоусадочных трубок;
- некоторые специальные инструменты (кримперы для разъемов, стрипперы для зачистки проводов и т. д.).

Расшифруем некоторые позиции подробнее.

## Бокорезы

Бокорезы (рис. 1, сверху) отличаются от кусачек (рис. 1, внизу) более тонкими лезвиями. Толстые лезвия кусачек с обратной стороны заточены под фаску, у бокорезов они составляют одну плоскость. Кроме того, кончики лезвий у кусачек закругленные, у бокорезов – острые. Благодаря такой конструкции бокорезами удобно очень точно откусывать даже самые тонкие проводники в труднодоступных местах. Кусачки в основном предназначены для откусывания проводов от миллиметра и более, насиловать бокорезы толстыми сетевыми проводами не следует.



Рис. 1. Бокорезы (вверху) и кусачки (внизу)

Качество бокорезов проверяется, если посмотреть через сомкнутые лезвия на свет – по всей длине лезвий не должно быть никаких просветов. Как правило, даже у фирменных бокорезов все-таки зазоры наблюдаются, в этом случае следует их аккуратно устранить с помощью мелкого алмазного надфиля. Качество стали, как вы понимаете, может быть самым разным и, в общем, напрямую коррелирует с ценой инструмента. Очень хороши и долговечны изредка встречающиеся в продаже бокорезы с лезвиями из твердого сплава. Но все-таки даже самые фирменные бокорезы не следует употреблять для откусывания гвоздей и стальной проволоки – для этого предназначены кусачки.

## Пинцет

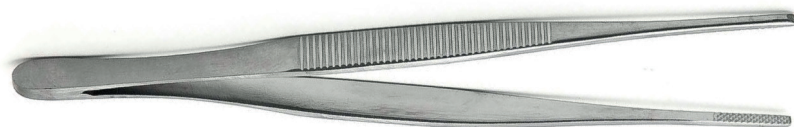


Рис. 2. Медицинский пинцет

Пинцет нужен именно стандартный медицинский длиной 150 мм (рис. 2). Для наших целей не годятся специализированные пинцеты с широкими или, наоборот, узкими губками, гладкими или какой-то специальной конфигурации (например, с «зубом» на конце). Чтобы пинцетом было удобнее пользоваться, его губки следует немного заострить с обратной стороны на точиле.

Кстати, из медицинского оборудования еще могут пригодиться хирургические зажимы (с защелкой на ручке) – в них удобно зажимать малагабаритные детали или концы проводов при пайке и облуживании.

## Паяльники

Разумеется, для пайки микросхем и других компонентов с тонкими выводами лучше всего приобрести настоящую паяльную станцию с регулировкой и контролем температуры жала. Но это совершенно необязательно, особенно на первых порах – вполне достаточно любого миниатюрного паяльника с неокисляющимся жалом мощностью 20–25 Вт, в ценовом диапазоне до 1000 руб (см. рис. 3).

Дешевые отечественные паяльники с жалом из ничем не покрытой меди лучше не употреблять: жало очень быстро окисляется, его все время приходится затачивать напильником и заново облуживать. У рекомендованного типа жало обычно круглое, диаметром 0,5–1 мм на конце и способно служить очень долго без окисления. Продаются также сменные жала иной конфигурации (например, заостренной



«лопаточкой», что может быть удобно для пайки микросхем с мелким шагом).



**Рис. 3.** Паяльник для пайки выводов компонентов и тонких проводников

### ***Подробности***

Почему-то у большинства таких паяльников (включая даже очень дорогие и фирменные) присутствует один общий недостаток: слишком жесткий и толстый провод, причиняющий значительные неудобства при использовании. Его стоит заменить на гибкий шнур, рассчитанный на сетевое напряжение (аудиошнуры не подойдут!). Провода такого типа всем знакомы по адаптерам питания, встроенным в сетевую вилку, и в отечественном стандарте носят наименование ШВПТ или ШВП-М2. Причем чем тоньше такой проводник, тем удобнее: при указанной мощности паяльника потребляемый от сети ток составляет не более 0,1–0,15 А, так что подходят даже самые тонкие провода сечением 0,2–0,35 мм<sup>2</sup> (лишь бы, повторим, их изоляция была рассчитана на напряжение, не меньшее амплитудного значения в бытовой сети – 310–340 В).

Температуру жала паяльника можно проверить, если коснуться им кусочка канифоли. Канифоль должна вскипать и в течение 2–3 с испаряться. Если она не кипит и испаряется медленно – жало недогрето (следует подобрать паяльник большей мощности), но так случается редко. Обычно канифоль интенсивно вскипает и мгновенно испаряется, как только вы отнесете жало в сторону. Это свидетельствует о перегретом жале, что может доставлять неудобства при пайке – в этом случае следует паяльник включать через лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) или просто подобрать паяльник меньшей мощности. Отметим, что перегретый паяльник лучше, чем недогретый – в последнем случае вывод до растекания канифоли приходится прогревать слишком долго, что может привести к повреждению компонента.

Второй, более мощный паяльник 50–100 Вт предназначен для пайки толстых проводов и контактов, и, как более редко употребляющийся, может быть любым, в том числе и самым дешевым отечественным с голым медным жалом. За дешевизну, как мы уже говорили, приходится расплачиваться необходимостью частой заточки жала и его облуживания заново.



И последнее существенное замечание о паяльнике: его жало очень часто (фактически после каждой пайки) приходится очищать от нагара. Не следует употреблять для этого полимерные губки, которые иногда прилагаются к «фирменным» паяльникам. Лучшее средство для очистки жала – жесткая металлическая щетка на тканевой основе («корщетка»). Вполне подойдет также губка из металлической канители для очистки посуды, которую несложно приобрести в ближайшем супермаркете.

## Материалы

Материалов любителю электроники понадобится много и самых разнообразных – в зависимости от характера и охвата его деятельности. Например, существуют специальные припой и флюсы для пайки алюминиевых проводов или нержавеющей стали, в том числе и оцинкованную, сложно паять без специальных средств. Мы здесь ограничимся перечнем лишь самых необходимых материалов, которые следует иметь под рукой каждому:

- припой свинцово-оловянный ПОС-61 в прутке (без канифоли);
- припой свинцово-оловянный ПОС-61 в проволоке диаметром 1-2 мм с канифолью;
- активный флюс (например, ЛТИ-120);
- пассивный флюс (канифоль в кусочках и ее спиртовой раствор);
- кембриковые (изолирующие) термоусадочные трубки, диаметром 1,5–20 мм;
- чистый бензин (типа «Галоша» или «для зажигалок»);
- ацетон или аналогичный растворитель (646 или 647);
- клеи «Момент-кристалл» и «Гель» (или клей-герметик в тубике);
- монтажные провода гибкие (многопроволочные):
  - – провод МГТФ-0,12 (для сигнальных проводников);
  - – провод МГШВ (МГВ)-0,35 (для проводников питания) в изоляции черного и красного цвета;
  - – двухжильный сетевой кабель ШВПТ-М (ШВПТ,ШВП-М) 2×0,20.

Большинство позиций в этом списке не нуждается в пояснениях (так, приемы пайки с помощью проволоки припоя или способы использования термоусадочных трубок широко освещаются в интернете). Остановимся, как и ранее, лишь на отдельных пунктах.

## Флюсы

Большую часть паек при монтаже электронных конструкций следует производить с использованием обычного канифольного флюса («канифольного лака» – спиртового раствора канифоли). Он отличается экологической

безвредностью (дым от канифоли куда менее вреден, чем дым от костра или тем более от горящего пластика), абсолютным отсутствием электропроводности (благодаря чему его можно не смывать с готовой схемы) и высокой эффективностью при пайке меди или ее сплавов. Канифоль в кусочках нужна обычно для залуживания медных проводников перед пайкой.

Но бывают случаи, когда канифоль не справляется: например, сильно окисленные проводники или выводы компонентов, проволока из металлов, отличных от меди. Медный проводник в обычной резиновой изоляции (в отличие от пластиковой) очень надежен и часто используется в бытовых целях, но медь в нем всегда оказывается сильно окисленной из-за присутствия серы в резине. Конечно, можно приобретать специальные флюсы, которых предлагается в продаже очень много, но для большинства таких случаев (кроме алюминия) вполне годится один универсальный активный флюс. «Активным» его называют потому, что в процессе пайки он выделяет пары кислот (обычно соляной), которые эффективно растворяют окислы, препятствующие пайке.

Наиболее известен такой флюс под названием ЛТИ-120. Он выпускается в виде жидкости или – иногда – в виде пасты и позволяет паять даже сильно окисленные проводники, в том числе в нестандартном сочетании (например, стальной проводник к оцинкованному железу). Несмотря на такие качества, окисленную проволоку перед пайкой лучше очистить дополнительно, пропустив ее через мелкую шкурку или просто через губки пинцета. ЛТИ-120 также не обладает электропроводностью, потому при отсутствии требований к эстетичному внешнему виду места пайки его остатки можно не смывать.

## Термоусадочные трубки

Учтите, что в практике монтажа электронных устройств привычная изоляционная лента не применяется – слишком она ненадежна и неудобна в применении. Липкая изоляционная лента изредка используется для маркировки проводов – на ПВХ-ленте белого цвета, особенно с матовой поверхностью, очень хорошо держится надпись водостойким спиртовым маркером. Для целей изоляции в электронных приборах ранее применяли обычные изолирующие («кембриковые») трубки из ПВХ, теперь же практически полностью перешли на термоусадочные. После нагревания (примерно до 110–130 °С) такая трубка уменьшает свой диаметр от двух до четырех раз, прочно обволакивая место изоляции. Кроме обычных термоусадочных трубок (ТУТ) общего назначения, выпускаются и специальные трубки, выдерживающие атмосферные условия, в том числе перепады температур и облучение ультрафиолетом на солнце – проверяйте наличие этого свойства при необходимости изолировать проводники, открыто расположенные на улице.

В принципе усадку таких трубок следует производить специальным монтажным феном, но на практике даже многие профессионалы пользуются газовыми мини-горелками. На худой конец подойдет и обычная зажигалка, только обязательно типа «турбо», с некоптящим пламенем. Единственная опасность при таком способе – подпалить трубку или изоляцию провода, поднеся пламя слишком близко, потому осаживать следует аккуратно и не торопясь. Заметим также, что длинную термоусадочную трубку можно равномерно осадить, если ее погрузить в кипяток и выдержать в нем некоторое время.

### **Подробности**

В настоящее время появилось много различных новых изоляционных материалов. Об одном из них следует здесь упомянуть отдельно: это так называемая самослипающаяся изолента. Сняв защитную пленку, покрывающую внутреннюю сторону такой ленты, ей обматывают защищаемое соединение. Ленту при этом следует слегка натягивать, плотно прижимая витки друг к другу, особенно на сгибах. Через несколько минут после обматывания лента прочно слипнется, образовав довольно толстый водонепроницаемый слой. Размотать ее уже не получится, после слипания ленту можно только срезать.

## **Клеи и герметики**

Тема клеев и герметиков вроде бы для электроники кажется посторонней, но это не так: в современном дизайне электронных устройств клеевые соединения применяются очень широко. Есть как минимум два направления их использования и в любительской практике. Одно из них – закрепление проводников и кабелей на плате – применяется очень часто. В профессиональной практике для этого обычно применяют термоклей: в специальном клеевом пистолете разогревается пластик и выдавливается на нужное место. В любительских конструкциях вместо термоклей, требующего специального инструмента, можно применять любой клей или клей-герметик, застывающий в объеме. Для закрепления проводов хорошо подходит указанный клей «Гель», можно применять также эпоксидную смолу с добавкой пластификатора.

Второе направление – герметизация и изоляция электронных схем от влаги. Для этой цели удобно применять клеи-герметики. Сантехнические герметики, разумеется, не подойдут – они содержат в своем составе компоненты, вызывающие коррозию и неизвестно как влияющие на электропроводность состава после застывания. Для наших целей имеются специальные клеи-герметики, с указанием, что они подходят для герметизации электрических соединений (приобрести их проще всего в автомагазинах). Таким герметиком можно полностью залить проверенную и отлаженную плату, а можно только загерметизировать швы и отверстия в корпусе устройства. Тщательно герметизировать следу-

ет корпуса всех приборов, работающих в уличных условиях. Большой плюс такого способа – в отличие от термоклея, герметик после застывания остается достаточно мягким, чтобы устройство можно было без особых трудностей разобрать и собрать заново.

## Технологии

Эта тема в приложении к любительской электронике прежде всего начинается изготовление и монтаж печатных плат. Платы можно изготавливать самостоятельно с помощью технологии, получившей практически официальное название ЛУТ (что расшифровывается, как «лазерно-утюжная»). ЛУТ подробно описана во множестве публикаций (см., например, [2]) и довольно сложна в освоении. На Западе существуют даже фирмы, производящие материалы для ЛУТ, что облегчает работу с ней. Но сложность освоения не самый главный недостаток технологии: куда серьезней то, что в домашних условиях абсолютно нереально произвести металлизацию отверстий. А без металлизации отверстий, с контактными площадками на обеих сторонах платы, не следует делать даже односторонние платы: дорожки легко отслаиваются при нагреве (если не сразу, то наверняка это произойдет при попытке замены компонента).

Учтите, что в этой книге примеры ориентированы на применение компонентов с гибкими выводами или в DIP-корпусах (их намного легче использовать при макетировании). Но при использовании ЛУТ SMD-корпуса с плоскими выводами как раз удобнее – на плате оказывается намного меньше сквозных отверстий. И все равно без них не обойтись – разъемы, внешние компоненты или обходы при пересечении дорожек требуют отверстий с контактами на обеих сторонах платы.

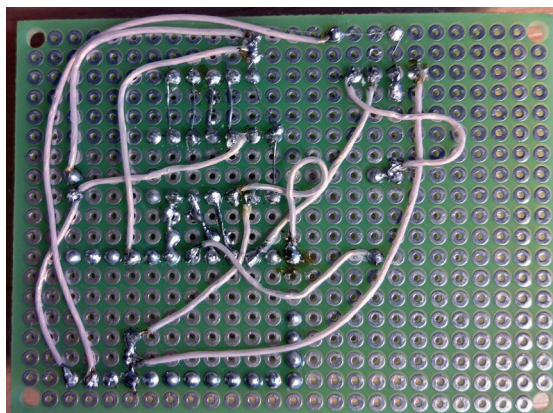
Поэтому если вы хотите делать все «по-взрослому», то платы следует заказывать – на радиолюбительских сайтах несложно найти объявления по изготовлению плат в небольших объемах. Единственная сложность – для этого придется самостоятельно освоить какую-либо из программ для разводки плат (для ЛУТ она все равно понадобится). Автор рекомендует Sprint-Layout как самую простую и доступную для начинающих.

### *Подробности*

Современные конструкторы электронных приборов, кроме разве что этапа макетирования, практически никогда не прибегают к ручной пайке компонентов. Пайка вручную иногда еще применяется при соединении отдельных узлов между собой, но и в этом случае предпочитают пользоваться более современными способами (например, плоскими кабелями с соответствующими разъемами, устанавливаемыми на кабель без пайки). Кроме того, требования экологов заставляют в массовом производстве отказываться от припоев с содержанием свинца, а бессвинцовые припои, благодаря более высокой температуре плавления, куда менее приспособлены для ручного монтажа.

В современных производствах вместо ручной пайки компоненты на плату устанавливают с помощью специальной паяльной пасты. Она достаточно густая, чтобы удерживать компоненты на местах. После этого всю плату вместе с компонентами помещают в термопечь и прогревают по специальному температурному графику. Вместо термопечи можно применить обычную бытовую электродуховку, приладив к ней управляющий блок на основе Arduino. Компоненты оказываются надежно припаянными, причем без необходимости последующей очистки платы. Процесс подробно описан во многих публикациях (например, в статье [3]). При желании его вполне можно повторить в домашних условиях, только учтите, что в этом случае плату придется обязательно заказывать, а компоненты предпочтительно использовать с плоскостными выводами (так называемые SMD-компоненты для поверхностного монтажа). Мы от них в этой книге отказались (см. раздел «От автора»), так как они плохо подходят для макетирования и ручной сборки плат, но учтите, что почти все DIP-компоненты выпускаются и в варианте с плоскостными выводами для поверхностного монтажа.

Однако есть и способ обойтись без трудоемкой, дорогой и занимающей много времени операции изготовления плат. Он заключается в использовании универсальной макетной платы. Она содержит только металлизированные отверстия с шагом 2,5 мм и с контактными площадками на обеих сторонах. Компоненты на такую плату просто переносятся с макета на беспаячной плате. При этом соединения между компонентами осуществляются обрезками тонкого монтажного провода в термостойкой фторопластовой изоляции (провод МГТФ). Короткие соединения можно делать просто за счет длины выводов компонентов или их обрезками. Пример монтажа показан на рис. 4, и при аккуратном исполнении он оказывается ничуть не менее надежен, чем размещение на обычной плате. Разумеется, процесс такого монтажа весьма трудоемок, но по суммарным трудозатратам он оказывается не сложнее цепочки разводка–заказ–монтаж, а времени в сумме это занимает намного меньше.



**Рис. 4.** Пример монтажа компонентов на универсальной макетной плате (с сайта *Electronics.stackexchange.com*)

## Оборудование

Из покупного оборудования нам обязательно понадобится мультиметр. Для многих экспериментов из этой книги понадобится также осциллограф. Необходимы также различные источники питания постоянного тока. Поговорим о них подробнее.

### Мультиметр

Мультиметры еще часто называют по старинке тестерами. Покупать нужно обязательно цифровой и не самый дешевый. Главный недостаток дешевых мультиметров – даже не низкая надежность и малое количество функций, а недостаточная точность, которая может быть довольно далека от декларируемых в описании величин. Но разоряться на супердорогой прибор не имеет смысла: высокая цена означает, что в приборе наличествуют не слишком актуальные навороты: связь с компьютером, память или еще что-то в этом роде. Выбирать нужно по количеству функций и диапазонам измерений.

Укажем главные функции, без которых не обойтись (в скобках – желательные диапазоны):

- измерение постоянного напряжения (2 мВ – 600 В);
- измерение постоянного тока (2 мА – 10 А);
- измерение переменного напряжения (1–700 В);
- измерение переменного тока (20 мА – 10 А);
- измерение сопротивления (100 Ом – 10 Мом, функция «прозвонки»).

Разумеется, имеются и мультиметры с автовыбором пределов измерений, что для новичка может быть удобнее, но максимальные допустимые значения придется хранить в голове. Все остальные функции опциональны, но пренебрегать ими не следует (располагаю их по степени практической нужности):

- измерение частоты;
- измерение емкости;
- измерение параметров транзисторов;
- измерение температуры.

Мультиметры работают, как правило, от 9-вольтовой батарейки в типоразмере «Крона». Батарейки хватает надолго, однако у некоторых моделей было замечено, что при снижении напряжения питания ниже допустимого мультиметр не выключается, а начинает врать. Это может стать источником неприятностей и крупных недоразумений, поэтому я советую сразу после покупки разориться на самую дорогую щелочную (alkaline) батарейку фирмы Duracell, Varta или Energizer, гарантированный срок хранения которой составляет 6–7 лет. В последние годы



появились литиевые аналоги «Кроны», которые примерно втрое дороже щелочных, но для этой цели они подойдут еще лучше – у литиевых срок хранения доходит до 10–12 лет. Этот совет, кстати, относится не только к мультиметрам, а вообще к любой технике, которая потребляет немного и большую часть времени хранится в бездействии, – скажем, к пультам управления телевизорами или беспроводным компьютерным мышам.



**Рис. 5.** Типовой мультиметр с дополнительными функциями измерения параметров транзисторов, емкости и частоты

В комплекте с мультиметром всегда идут щупы, обычно черного и красного цвета. Дополнительно к щупам обязательно необходимо приобрести зажимы-крокодилы, позволяющие подключенные к схеме щупы удерживать без помощи рук.

### **Подробности**

Самым слабым местом всех мультиметров является функция измерения тока. Если вы внимательно читали книгу Р.А. Свореня «Электроника шаг за шагом», то знаете, что у амперметра сопротивление должно быть как можно меньше – он включается в цепь последовательно с нагрузкой и не должен оказывать вли-



яния на потребление схемы (см. также Эксперимент 2 в главе 1). Поэтому при распространенной ошибке – случайном подключении мультиметра в режиме амперметра параллельно нагрузке или источнику питания – через него течет очень большой ток, который может его повредить. Конечно, во всех мультиметрах есть защита от такой перегрузки, но почему-то она в большинстве случаев сводится к наличию банального плавкого предохранителя. Он упрятан глубоко в корпусе, потому сгорает без внешних эффектов, а его проверка занимает много времени. И вы еще долго можете не понимать, почему вдруг в цепи исчез ток. Потому автор этих строк штатным способом измерения тока пользуется редко. Кроме всего прочего, это неудобно, так как при одновременном измерении тока и напряжения необходимо все время переключать щупы, разрывать и восстанавливать цепи питания, что замедляет процесс измерения и требует от оператора повышенного внимания, отвлекая от основной задачи. Вместо этого лучше приобрести комплект мощных резисторов-шунтов с сопротивлениями 10 Ом (для малых токов до 1–10 мА, можно малогабаритный 0,25 Вт), 1 Ом (для токов от 1–10 мА до 100–1000 мА, мощностью не менее 2 Вт) и 0,1 Ом (от 1 А и более, мощность 5–10 Вт). Один из этих резисторов (более подробно о его выборе см. Эксперимент 2 в главе 1) сразу подключается последовательно в необходимое место макета схемы, работа которой при этом не нарушается из-за малости его сопротивления. Измерение тока производится путем измерения падения напряжения на подключенном резисторе с соответствующим выбором предела измерения. Если падение напряжения измеряется в вольтах, то на резисторе 1 Ом значение тока получится сразу в амперах, если в милливольтмах – то в миллиамперах. Для других сопротивлений шунта пересчитать полученное значение несложно: достаточно значение падения напряжения поделить или умножить на 10.

## Осциллограф

В основной части функций осциллограф вполне заменяет мультиметр и даже существенно совершеннее его, так как позволяет измерять не средние, а мгновенные параметры сигнала в любой произвольный момент времени. Осциллограф лучше приобретать современный цифровой, а не старинный аналоговый, так как первый во всех отношениях удобнее, а цены их для недорогих моделей давно уже практически сравнялись.

Однако это существенно более дорогая покупка, чем мультиметр, и в большинстве случаев без осциллографа вполне можно обойтись. Ему нет замены только в отладке схем, работающих с сигналами во времени. Измерение частоты с помощью мультиметра эту функцию заменяет в очень ограниченных случаях – помимо ограничений на частоту и амплитуду сигнала, мультиметр не даст, например, представления о соотношении импульсов и пауз (скважности) и будет ошибаться, если форма сигнала сильно отличается от прямоугольной или синусоидальной. Удешевить покупку можно, если приобрести осциллограф-ручку (рис. 6). Она подключается к порту USB и имитирует функции осциллографа на основном экране компьютера или ноутбука.



Рис. 6. Недорогой осциллограф-ручка

В книге вы найдете достаточно материала для того, чтобы попытаться соорудить мультиметр самостоятельно. Совершенно не имеет смысла этим заниматься – результат не оправдает ожиданий и окажется ненамного дешевле фирменного прибора или даже дороже его, а работать будет хуже и ненадежнее. Дело это сложное и трудоемкое, требует хорошего знания теории, а попытка добиться гарантированной точности хотя бы на приличном бытовом уровне (погрешность 1 % и менее), скорее всего, окажется неудачной. Еще больше это относится к осциллографам – например, осциллограф из компьютерной звуковой карты не только весьма трудоемок в изготовлении, но и имеет довольно убогие качества, совершенно не оправдывающие вложенные усилия.

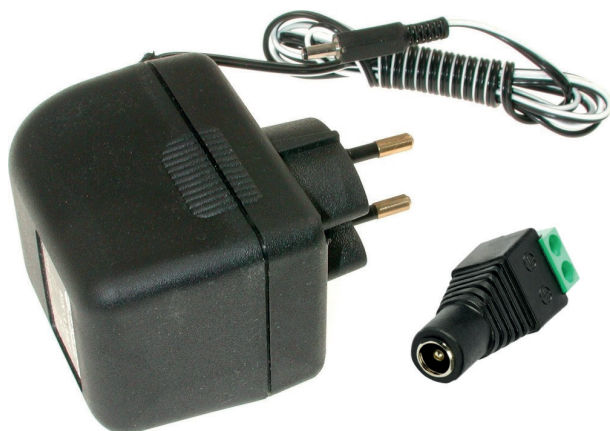
А вот такие разновидности приборов для проведения измерений, как генераторы импульсов и гармонических (синусоидальных) колебаний, наоборот, делать самостоятельно можно и нужно, о чем мы поговорим в соответствующих разделах «Практикума».

## Источники питания

В качестве источников питания постоянного тока возможности сетевых адаптеров вполне перекрывают большинство любительских задач. Почти все нужды будут удовлетворены, если запастись тремя типами таких адаптеров: на 5, 9 и 12 В с выходным током 1-2 А. Для некоторых компонентов требуется более низкое напряжение, обычно 3 или 3,3 В, но приобретать такой источник отдельно нецелесообразно: проще установить в схеме отдельный миниатюрный стабилизатор напряжения необходимого типа (подробнее об этом см. главу 11).

Внешний вид таких адаптеров питания всем известен (рис. 7). Кстати, точно такие же по внешнему виду зарядные устройства (кроме самых уж простых и примитивных) от отслуживших свой срок мобильных гаджетов тоже вполне подойдут в качестве источников питания 5 В. Но лучше,

конечно, приобрести адаптеры, специально предназначенные для работы в качестве источников – у зарядников могут быть самые разнообразные разъемы на конце провода, и чаще всего их приходится к схеме просто припаивать.



**Рис. 7.** Сетевой адаптер и ответный разъем к нему

При выборе адаптера важно не промахнуться. Самые простые и дешевые адаптеры – нестабилизированные (они употребляются в случаях, когда стабилизатор заведомо встроен в аппаратуру). Для наших целей такие источники не годятся: реальное напряжение на выходе может быть весьма далеким от указанного на их корпусе. Практически все адаптеры с переключателем выходного напряжения именно такого типа, потому их приобретать не стоит. О том, как сделать для своих нужд источник питания с регулируемым выходом, рассказывается в «Практикуме» к главе 17 книги Р. А. Свореня [1].

Поэтому следует приобретать стабилизированные адаптеры питания с фиксированным напряжением. Они бывают двух типов: обычные (аналоговые) или импульсные. С точки зрения качества питания обычные адаптеры лучше: у них намного меньше шумовая составляющая выхода, что может быть важно для работы аналоговых схем. Но аналоговые стабилизаторы менее экономичные, больше размером (т. е. могут мешать использовать соседние гнезда в розетках) и часто дороже импульсных, особенно достаточно мощные. Потому для повседневных нужд целесообразно приобрести адаптеры именно импульсного типа.

С выходным разъемом также следует быть внимательным. У большинства адаптеров, специально предназначенных для работы в качестве источников питания, провод заканчивается круглым разъемом 5,5×2,5 мм (где 2,5 – номинальный диаметр внутреннего штырька ответной части). Для них следует приобрести ответный разъем-гнездо со-

ответствующего размера, через который питание может подключаться к схеме обычными проводами (он также показан на рис. 7). Для готовой аппаратуры имеются различные ответные части (устанавливаемые на плату или на корпус).

### Подробности

Отметим, что у абсолютного большинства адаптеров положительный контакт – центральный штырек. Часто у таких разъемов три вывода: положительный (центральный штырек), отрицательный (внутри вокруг него), а хромированное обрамление соединяется с экраном. Контакта при неполном вхождении двух частей не происходит. Конечно, нередко третий вывод игнорируется, и отрицательный контакт происходит просто через внешнее обрамление. «Засада» здесь заключается в том, что у большей части ответных разъемов центральный штырек имеет диаметр не 2,5, а 2,1 мм. Потому, если разъем на адаптере выполнен некачественно, такой штырек входит слишком свободно, и контакт все время нарушается. Заметим, что есть также типы адаптеров, у которых на центральном выводе минус, а не плюс. Хотя они встречаются гораздо реже, но при приобретении нужно обращать на это внимание.

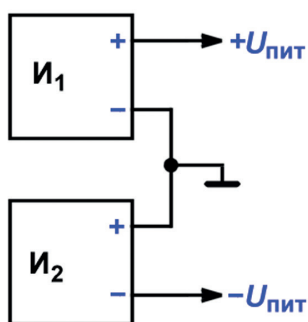


Рис. 8. Соединение двух однополярных источников для получения двухполярного питания

В некоторых случаях вам потребуется двухполярный источник питания, т. е. источник, выдающий относительно общего провода два напряжения, например +5 и –5 В (см. например, Эксперимент 14). Его проще всего заменить на два одинаковых источника, включенных последовательно. При этом общий вывод (минус одного источника, соединенный с плюсом другого) подключается к общему проводу схемы (рис. 8).

Для некоторых задач понадобится источник с переменным напряжением. Для этого лучше всего иметь какой-нибудь старый трансформатор с выходным напряжением в диапазоне до 20 В. Для более высоких напряжений понадобится лабораторный автотрансформатор (ЛАТР), подключаемый к бытовой сети. Переменное напряжение с его выхода можно регулировать в больших пределах (немного даже в сторону

увеличения исходного сетевого). С помощью ЛАТРа удобно проверять пределы работоспособности источников питания, работающих от сети. При работе с ним не забывайте о правилах обращения с напряжением, связанным с бытовой сетью: не лезьте во включенную схему пальцами и металлическими инструментами, не меняйте компоненты при включенном питании, не подключайте щупы измерительных приборов без отключения питания!

Изредка вам может потребоваться мощный источник питания. Например, при обращении с двигателями постоянного тока мощности обычного адаптера с током 1-2 А может не хватить для их раскрутки. Отметим, что во многих случаях, когда величина выходного напряжения источника не имеет решающего значения, в качестве источника удобно применять зарядное устройство для автомобильных аккумуляторов (при условии, что оно не имеет функций автоматического выключения). Такое устройство выдает на выходе довольно стабильное напряжение около 15 В и имеет удобную функцию ограничения выходного тока.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)