

Ревич Юрий

# **АЗБУКА ЭЛЕКТРОНИКИ**



Москва  
Издательство АСТ

УДК 621.38-053.6  
ББК 32.85  
Р32

Все права защищены.

Ни одна часть данного издания не может быть воспроизведена или использована в какой-либо форме, включая электронную, фотокопирование, магнитную запись или какие-либо иные способы хранения и воспроизведения информации, без предварительного письменного разрешения правообладателя.

**Ревич, Юрий.**

**Р32** Азбука электроники / Ю. Ревич. – Москва : Издательство АСТ, 2017. – 224 с.: ил.

ISBN 978-5-17-097466-5

Книга «Азбука электроники» рассказывает о том, как делать своими руками электронные устройства. Начиная с самых простых схем на выключателях и батарейках, автор постепенно вводит читателя в мир современной электроники. Более трех десятков конструкций, имеющих практическое применение, научат читателя самостоятельно проектировать и собирать схемы самого разного назначения. Приведены сведения об устройстве, свойствах и особенностях применения различных электронных компонентов, а также необходимые элементарные теоретические сведения. Изучение материала книги не требует предварительных знаний, за исключением элементарной арифметики и алгебры. Книга предназначена детям среднего школьного возраста и их родителям, кружкам по электронике, а также всем тем, кто интересуется современной электроникой.

**УДК 621.38-053.6**  
**ББК 32.85**

ISBN 978-5-17-097466-5

© Ревич Ю.В., 2017

© ООО «Издательство АСТ», 2017

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Зачем и для кого написана эта книга? ..... 5

## ВВЕДЕНИЕ

О схемах, платах, источниках питания и мультиметрах ..... 10

ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРОНИКА НА ВЫКЛЮЧАТЕЛЯХ ..... 23

### Эксперимент 1.

Светодиоды и их свойства ..... 23

Эксперимент 2. Регулировка яркости светодиода с помощью переменного резистора ..... 33

Эксперимент 3. Переключатели и их применение: изобретаем светофор и дистанционное освещение ..... 41

ГЛАВА 2. ЖИВЫЕ СХЕМЫ ..... 48

Эксперимент 4. Конденсаторы и простейший таймер ..... 48

Эксперимент 5. Таймер на микросхеме 555 ..... 55

Эксперимент 6. Генератор импульсов на микросхеме 555 ..... 65

Эксперимент 7. Четырехсторонний автоматический светофор ..... 71

Эксперимент 8. Свойства и разновидности транзисторов ..... 74

ГЛАВА 3. ЦИФРОВЫЕ (ЛОГИЧЕСКИЕ) МИКРОСХЕМЫ ..... 91

Эксперимент 9. Свойства логических элементов ..... 92

Эксперимент 10. Таймер и генератор на логических элементах ..... 98

Эксперимент 11. Охранная сигнализация ..... 107

ГЛАВА 4. ТРИГГЕРЫ И СЧЕТЧИКИ .....	113
RS-триггеры.....	113
D-триггеры.....	115
Эксперимент 12. Триггеры и их свойства.....	117
Эксперимент 13. Счетчики .....	126
Эксперимент 14. Усовершенствованный автоматический светофор .....	135
Эксперимент 15. Измерения с помощью счетчиков .....	138
ГЛАВА 5. ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ И КОМПАРАТОРЫ .....	153
Эксперимент 16. Операционные усилители и их свойства .....	166
Эксперимент 17. Компараторы и триггер Шмидта .....	166
Эксперимент 19. Аналогово-цифровые преобразователи .....	183
Приложение 1. Международная цветная маркировка резисторов.....	198
Приложение 2. Самодельные источники питания.....	199
Приложение 3. Соответствие названий некоторых зарубежных и отечественных цифровых микросхем .....	212
Приложение 4. Словарь часто встречающихся англоязычных аббревиатур и терминов .....	215

# ПРЕДИСЛОВИЕ

## Зачем и для кого написана эта книга?

Два десятилетия назад, на глазах ваших родителей и старших товарищей, в истории человечества произошел тихий переворот. Люди внезапно, всего в течение нескольких лет, получили возможность свободно и практически бесплатно обмениваться информацией по всему миру. Теперь нас всегда сопровождают карманные устройства связи — сотовые телефоны и коммуникаторы. Они круглосуточно готовы соединить владельца, находящегося в Москве, с другом, проживающим хоть в городе Нью-Йорке в Америке, хоть в Окленде в Новой Зеландии, находящейся на противоположной стороне земного шара. Видеотелефония со страниц фантастических романов перекечевала в повседневность. И заодно выяснилось, что она совсем не так уж и нужна в ежедневном общении: неожиданно для всех оказалось, что самый популярный способ связи, после обычного разговора, — обмен «эсэмэсками», короткими текстовыми сообщениями, мгновенно достигающими адресата.



Если почитать старые фантастические романы, то легко убедиться, что люди того времени представляли себе будущее в основном как время изобильного производства необыкновенных вещей, оружия или транспорта. Никто никогда не пытался поставить в основу будущего информацию! Компьютеры начали появляться в фантастических романах и фильмах только после того, как они были изобретены и успели завоевать популярность в реальной жизни. А возникновение,

распространение и совершенствование компьютеров — это прежде всего развитие целого куста разделов науки и технологий под названием электроника.

При этом писателей-фантастов и постановщиков фильмов большей частью привлекла только одна сторона компьютеризации, которая в реальности, вероятно, не будет осуществлена еще очень долго: это построение искусственного разума, похожего на человеческий. Компьютеры в фантастике — это несуществующие во плоти умные киберпилоты звездных кораблей или человекообразные роботы-андроиды. Во времена, когда снимались «Терминатор» и первые серии «Звездных войн», никто еще не подозревал, что уже в недалеком времени довольно мощные компьютеры будут встроены в телефоны, стиральные машины или детские игрушки. А ведь в современный смартфон встроены компьютеры намного мощнее того, что в 1969 году управлял космическим кораблем «Аполлон» при высадке людей на Луну!

Вместе с мини-компьютерами, которые выпускаются во всем мире сотнями миллионов штук, появились и простые средства их программирования, с которыми способен управляться даже не очень опытный человек. Потому радикально изменилось занятие, которое в нашей стране по привычке иногда продолжают называть радиолюбительством: самостоятельная разработка электронных схем и устройств в домашних условиях. Если ранее радиолюбитель был обязан уметь работать с паяльником, то теперь ему скорее требуются навыки программиста и знание устройства компьютерных интерфейсов. Зато возможности его расширились необычайно: нет ничего невозможного в том, чтобы создать свой собственный планшет или самостоятельно построить летающий робот-квадрокоптер с видеокамерой, передающий изображение с головокружительной высоты.

Когда-то в начале компьютерной эры было много людей, считавших, что обучать школьников программированию совершенно не нужно: это, мол, такая специальная профессия, вроде водителя автобуса или парикмахера. Автор этих строк полагает, что сторонники такой точки зрения ошибались и продолжают ошибаться в настоящее время. Программирование — не только профессия, это такой особый способ мышления, очень хорошо ставящий голову на место и применимый в огромном количестве жизненных ситуаций. А если учесть, что с точки зрения теории разработка электронных схем и программирование — одно и то же, то занятия электроникой могут быть интересны и полезны далеко не только тем, кто собирается ей посвятить свою жизнь: это просто такой увлекательный способ научиться думать.

Но начинать следует с малого: на одних микрокомпьютерах электроника не заканчивается. Устройства, которые еще называют «однокри-

стальными компьютерами» или, чаще, микроконтроллерами, могут служить только мозгом электронной системы. К мозгу нужны еще руки и ноги, а также средства общения с внешним миром: то есть глаза, уши и умение разговаривать. Говоря техническим языком, электронное устройство должно иметь исполнительные механизмы, а также воспринимать и передавать информацию. Иначе это будет, как выразался один старый философ, «вещь в себе»: программа микроконтроллера может быть сколь угодно совершенной, но мы об этом ничего не узнаем, пока она не производит каких-то видимых действий.

В построении исполнительных устройств и способов приема и передачи информации требуется не меньше знаний и умений, чем в программировании, а иногда даже и больше. Потому что удобство пользования и потребительские качества построенного вами прибора мало зависят от того, насколько крутой контроллер вы в него вставили и насколько изящную программу написали — об этом, скорее всего, никто даже и не узнает. Тот, кто пользуется вашим прибором, будет судить о качестве конструкции по тому, насколько надежными и удобными оказались способы общения устройства с внешним миром.

Эта книга предназначена для тех, кто хочет научиться делать такие устройства своими руками. Она посвящена простым конструкциям, доступным для повторения даже тем, кто еще ничего не знает об электронике и программировании. В книге приведено три с лишним десятка законченных любительских конструкций самого разного уровня сложности — от простейших до довольно сложных в повторении. Но на самом деле таких конструкций извлечь из книги можно гораздо больше. С этой целью в книге приведен ряд экспериментов над отработкой отдельных электронных узлов для использования их в собственных конструкциях читателя.

Совет тем, кто хочет овладеть азами радиолюбительства: никогда не следуйте буквально за авторами описаний готовых конструкций! Начнем с того, что в схемах или в их описаниях, размещенных во Всемирной сети, полно прямых ошибок или неточностей, которые могут привести конструкцию к полной неработоспособности. И это даже хорошо, потому что заставит вас искать источник ошибки и изучать работу схемы самостоятельно. Но самое главное не в этом: большая часть электронных схем при минимальных переделках годится для множества самых разных применений. Всегда ищите возможность усовершенствовать приведенную схему, приспособить ее к своим возможностям и к стоящим перед вами задачам!

Приведем пример: в книге автор несколько раз обращается к конструированию электронных термометров и термостатов. При этом он очень надеется, что читатель способен догадаться: если вместо датчика температуры взять датчик атмосферного давления и приспособить его к той же самой схеме, то получится барометр. С датчиком влажности — гигрометр, с датчиком силы нажатия — электронные весы и так далее. Конечно, придется вникнуть в работу схемы и понять, где там что следует пересчитать или переставить, чтобы все заработало, как надо. Именно на таких пытливых читателей и рассчитана эта книга! Другой пример: автомат включения освещения, описанный в **главе 5 (Эксперимент 17)**, практически без доработки можно приспособить для контроля входящих в помещение людей или животных: достаточно напротив датчика установить фонарик или направленную лампочку, а вместо реле приспособить любую «гуделку» из **главы 2** (примерно так устроены автоматические турникеты для прохода в метро). Более того, из этой конструкции можно сделать счетчик пересекающих луч предметов или людей: достаточно вместо реле подключить выход схемы ко входу счетчика с индикатором, описанного в **главе 4 (Эксперимент 13)**. Можно привести еще много подобных примеров! И если автор не приводит все многочисленные возможные применения для приведенных в книге схем, то это потому, что он не счел нужным умножать объем книги таким путем: все необходимые сведения в книге имеются, а остальное за самим читателем.

Читателю этой книги стоит также заранее знать одну вещь: в этой книге нет сложных и недоступных для понимания схем! Некоторые схемы (например, схемы светофоров) поначалу покажутся вам необычайно сложными, но это не так: они не сложные, а всего только громоздкие. Это означает, что эти схемы состоят из большого числа элементов. Но, разложив их на элементарные «кирпичики», вы не найдете в них ничего более сложного, чем разобранные ранее простые схемы их составных частей.

Для проведения опытов, описанных в книге, все необходимые компоненты можно приобрести самостоятельно в магазинах «Чип и Дип» или в специализированных интернет-магазинах. Для микросхем всегда указывается вместе с западным названием отечественный аналог (если он, конечно, имеется в природе). Во вступительном разделе к книге вы также встретите описания необходимых приборов и оборудования для домашней лаборатории. Если вы покупаете готовый набор-конструктор

с подобранными компонентами, то приборы, конечно, могут вам и не потребоваться. Но они обязательно будут необходимы, если вы хотите по-настоящему научиться созданию электронных устройств!

**Мы не будем конструировать устройства, использующие опасное для жизни напряжение! При повторении опытов и конструкций из этой книги опасность получить удар током не больше, чем у любого другого современного человека, пользующегося электрическим освещением, телевизорами, зарядниками для мобильных телефонов и прочей бытовой электрической техникой. Но иногда нам придется упоминать устройства, использующие именно такое высокое напряжение из бытовой сети — они всем знакомы и служат хорошей иллюстрацией к содержанию некоторых разделов книги. Такие упоминания вовсе не означают, что вы должны бросаться их разбирать и переделывать. Для того, чтобы конструировать безопасные приборы, работающие от бытовой сети, несмотря на их кажущуюся простоту, нужна квалификация гораздо выше, чем можно получить самообразованием дома.**

В приложениях к книге читатель найдет справочную информацию, а также некоторые вспомогательные сведения. В **Приложении 1** содержатся таблицы цветного кода резисторов и стандартных рядов сопротивлений. В **Приложении 2** — сведения для самостоятельного изготовления источников питания, включая универсальный лабораторный источник с регулируемым напряжением. В **Приложении 3** — таблица соответствия названий зарубежных логических микросхем разных серий, а также отечественных серии К561. Наконец, в **Приложении 4** помещена таблица расшифровки многих непонятных англоязычных аббревиатур, а также русско-английский и англо-русский словарики специальных терминов из области электроники. Это последнее приложение может быть необходимо при чтении англоязычной документации на различные компоненты, которую никак не миновать при углубленном изучении электроники.

Схемы и рисунки выполнены автором. Монтажные схемы выполнены с помощью программы Fritzing. Автор приносит благодарность сети магазинов «Чип и Дип» ([www.chipdip.ru](http://www.chipdip.ru)) за разрешение на использование изображений компонентов из каталога компании.

С автором книги можно связаться по электронной почте [revich@lib.ru](mailto:revich@lib.ru). Ну вот, кажется все необходимое сказано, можно приступать.

## ВВЕДЕНИЕ

# О схемах, платах, источниках питания и мультиметрах

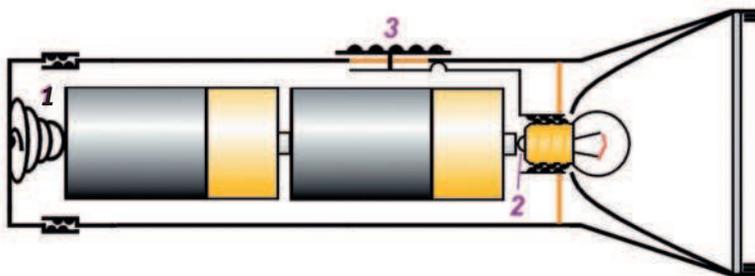
В этой вводной главе мы еще не будем проводить никаких опытов. Здесь мы только познакомимся с некоторыми вещами, которые с самого начала стоит знать любому электронщику. Мы научимся разбираться в схемах, узнаем о том, как устроена макетная плата для соединения компонентов без паяльника и откуда брать для наших схем питание, а также получим общие сведения о том, что такое самый ходовой прибор электронщика — мультиметр.

### Что такое схема электронного прибора?

Наверное, у вас на столе стоит лампа. Она так и называется — настольная. А может быть, на столе лампы нет, тогда она висит под потолком и называется люстра. Или у вас лампа прикреплена к стенке и называется бра? В любом случае хотя бы одна лампочка у вас в комнате имеется обязательно — без освещения не обходится ни одно жилище.

Инженер-электрик назовет любую из этих ламп «осветительным прибором». К осветительным приборам он, не задумываясь, отнесет и карманные фонарики — в своей основе они имеют точно такое



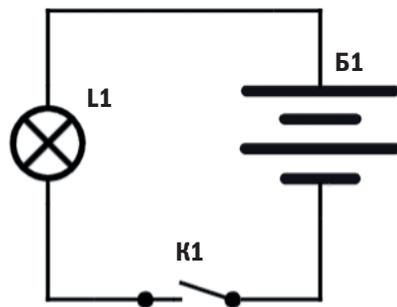


устройство. С точки зрения инженера, перечисленные приборы для освещения, какой бы внешний вид они ни имели, ничем друг от друга не отличаются. Как же можно изобразить осветительный прибор так, чтобы его устройство было всем понятно?

Большинство карманных фонариков устроено так, как показано на рисунке вверху страницы. Батарейки плоским концом упираются в пружину (1), закрепленную на металлическом основании (часто это просто корпус, если он целиком металлический, — на рисунке показан именно такой вариант). Противоположный (выпуклый) вывод батареек контактирует с центральным выводом лампочки (2). Второй вывод лампочки (металлическая резьба) соединен с подвижным контактом выключателя (3). При передвижении ползунка выключателя подвижный контакт замыкается с корпусом. Ток начинает путешествовать по цепи: плоский контакт батареек — пружина — корпус — резьба лампочки — центральный вывод лампочки — выпуклый контакт батареек. Лампочка горит. Красная кнопка, видимая на фотографии фонарика, служит для временного включения и на этом рисунке не показана.

Любой карманный фонарик, независимо от используемого типа лампочек и выключателей, числа, размера и типа батареек, в своей основе имеет такое же устройство. Мало того, любой осветительный прибор, будь-то настольная лампа, люстра или уличный фонарь, тоже устроен подобным образом: он обязательно имеет в своем составе лампочку и выключатель, только вместо батареек может быть приспособление для подключения электрического питания от бытовой сети.

Попробуем изобразить сказанное с помощью принципиальной схемы. На рисунке справа схематично, без подробностей, показано устройство любого карманного фонарика. Символами L1 здесь обозначена лампочка. Выключатель обозначен символами K1 (K — от слова «контакты»), разорванная линия



показывает, что контакт в данном случае разомкнут — чтобы его замкнуть, надо выключатель сдвинуть или нажать. Перекрещенный кружочек и контакты в виде разорванной линии есть общепринятые обозначения лампочки и выключателя на принципиальных схемах. Если бы в схеме был, например, еще один выключатель, он бы обозначался как К2.

С батарейкой немного сложнее: два параллельных отрезка разной длины обозначают один гальванический элемент (их-то обычно и называют батарейками). Так как таких гальванических элементов у нас два, то пары отрезков повторяются дважды, с общими выводами от крайних линий, и все это вместе обозначается как Б1.

Линии, обозначающие батарейку, недаром разной длины. Длинный отрезок обозначает положительный вывод (+), короткий — отрицательный (-). В карманном фонарике с лампочкой накаливания (как на рисунке схематического устройства фонарика выше) полярность батарейки не имеет значения. Но уже для фонариков со светодиодами вместо лампочек это не так — там положительный вывод батарейки должен обязательно подключаться к положительному выводу светодиода. А в электронных схемах полярность подключения батареек имеет решающее значение. Чтобы читатель не запутался и лучше запомнил условное обозначение батарейки, мы в таких случаях поначалу на принципиальных схемах около длинного отрезка будем дополнительно ставить знак +.

Сравним устройство фонарика с другими осветительными приборами. Схематическое устройство настольной лампы изображено на рисунке внизу страницы. Здесь вместо батарейки служит вилка с проводом, с помощью которых лампу подключают к бытовой сети, а выключатель обычно висит прямо на проводе. В случае настенных бра или потолочных люстр вместо вилки применяют специальные зажимы



(клеммы) для постоянного подключения проводов. Клеммы обычно спрятаны от глаз, но они имеются обязательно. То есть из перечисленных трех компонентов: лампочки, выключателя и приспособления для подключения питания состоит любой осветительный прибор.

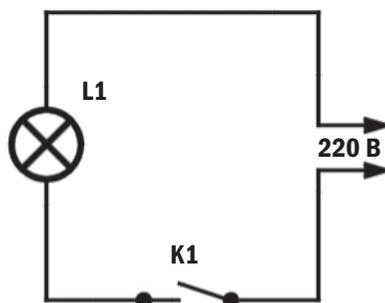
Обратите внимание, что проводов для подключения здесь показано два. Обычно они упрятаны в одной оболочке, но их все равно всегда два — один из двух проводов от лампочки идет напрямую к вилке, а второй — через выключатель. По этому рисунку можно собрать настольную лампу и она заработает. То есть это уже не совсем просто изображение, а монтажная схема. Конечно, настоящая монтажная схема может выглядеть совсем иначе, но сейчас все чаще применяют именно такое наглядное представление.

На рисунке, правда, не показан еще один обязательный компонент любого осветительного прибора — патрон, в который вворачивается лампочка. Провода у нас условно подключаются прямо к цоколю лампочки, чего, конечно, в жизни не бывает — они подключаются к патрону, а не прямо к лампочке. Но этот патрон — настолько очевидная штука, что его обычно на схемах и не показывают, просто подразумевают.

Но как быть, если вместо вилки у нас клеммы, как в потолочной люстре? Кроме того, на схеме не показано устройство выключателя — а оно может быть очень разным. Выключатели могут висеть на проводе, как показанный на схеме, могут встраиваться в корпус или вообще размещаться отдельно от осветительного прибора — на стенке около входной двери. И что, для каждого случая рисовать отдельную монтажную схему?

Проще будет опять нарисовать принципиальную схему. Рисунок справа внизу отличается от схемы для карманного фонарика тем, что в нем вместо батарейки показаны стрелочки, обозначающие вилку для подключения к электрической сети. Если бы мы хотели нарисовать люстру, где вместо вилки служат навечно прикрученные клеммы, то вместо стрелочек надо было бы нарисовать маленькие кружочки. Они бы обозначали именно неразъемное соединение. Но и в нашем виде принципиальную схему с одного взгляда поймет любой электрик, и не ошибется, когда ему нужно будет собрать осветительный прибор.

Для этих основных обозначений есть много способов добавить какие-то детали, уточняющие, какая именно разновидность лампочки или выключателя имеется в виду. Они применяются при необходимости, но именно в показанном виде



принципиальная схема осветительного прибора годится для любой его разновидности.

Нам, конечно, не придется экспериментировать с настольными лампами. Приборы, напрямую работающие от бытовой сети, подключаются к опасному высокому напряжению, с которым самостоятельно производить опыты не рекомендуется. Да и вместо прожорливой лампочки накаливания мы в самом первом эксперименте далее познакомимся с куда более экономичным компонентом — светодиодом. Со светодиодами можно проводить все те же действия, что и с лампочками, но высокое напряжение им не требуется, а значит, и опасности никакой не будет.

Пример с фонариками и настольными лампами здесь приведен для того, чтобы твердо усвоить — принципиальные схемы для любого прибора строятся по одному принципу. Можете сравнить нарисованные здесь схемы со схемой подключения светодиода с тумблером в **главе 1** на странице 30, и вы убедитесь, что в них много общего. И как ни парадоксально, но именно принципиальная схема (а вовсе не наглядная монтажная!) представляет любой прибор во всей полноте так, что перепутать что-то просто невозможно.

Это происходит потому, что в монтажной схеме мы вынуждены рисовать именно те компоненты, которые были использованы в данной конструкции. Но одних только выключателей на свете существует неисчислимое количество разновидностей! На принципиальной схеме мы показываем выключатель в общем виде, то есть в реальной конструкции можно подставить любой, лишь бы он замыкал и размыкал провода в электрической цепи — то есть, как говорят, специалисты, обладал нужной *функциональностью*. Принципиальные схемы дают свободу в выборе конструкции, тогда как монтажные есть лишь иллюстрация к одному из возможных вариантов.

### ***Подробности для любознательных. Электрический или электронный?***

Обычную лампочку накаливания никто не назовет электронным прибором — слишком проста она по устройству. Вольфрамовая спираль и два вывода — вот и вся лампочка. В настольной лампе к ней тоже не прибавляется ничего высокотехнологичного: патрон, выключатель и вилка с проводом. Потому традиционно такие простые устройства называли электрическими. Но последнее время разница между электронными приборами и электрическими все больше размывается. Например, энергосберегающие люминесцентные лампы содержат внутри себя довольно сложную схему запуска, потому они уже без оговорок относятся к электронным приборам. При этом люминесцентные светильники быстро вытес-

няют крайне неэкономичные лампы накаливания — в некоторых странах с традиционными лампочками уже попрощались навсегда. Потому почти каждый осветительный прибор, который вы встретите в магазине, можно называть электронным с полным правом. Это же касается практически всех устройств, ранее привычно относившихся к ведомству электротехники, а не электроники. Например, едва ли вы найдете в каком-нибудь современном приборе электродвигатель, к которому не подключена управляющая электронная схема. И про разницу в терминах, когда-то имевшую принципиальное значение, приходится теперь забывать даже профессорам, читающим в ВУЗах курс лекций под названием «электротехника».

## Беспаячная макетная плата и ее устройство

Беспаячная макетная плата — удобное устройство для быстрой проверки схемы (как говорят, для ее макетирования, то есть сборки и проверки макета). Большинство монтажных схем, которые вы встретите в этой книге (а также и на многочисленных радиолобительских сайтах в Интернете), будут показывать схему, собранную на такой плате. Макетные платы встречаются во множестве разновидностей, но все они устроены по одному принципу. На рисунке внизу страницы

