

Окончание. Начало в № 8`2010

Изготовление устройств на печатных платах

с высоким разрешением в домашних условиях

Алексей Кузьминов,
к. т. н.

compmicrosys@mail.ru

Некоторые рекомендации по пайке компонентов на платы

Сначала автору хотелось бы обсудить два вопроса, которые касаются распайки компонентов на плату.

1-й вопрос — лужение платы после травления, и 2-й — распайка достаточно мелких по размеру компонентов или микросхем с малым расстоянием между выводами (например, 0,5 мм).

По поводу лужения. На взгляд автора, наиболее простым способом, который отличается достаточно качественным, быстрым и не требующим больших усилий лужением, является следующий.

Вначале полученную после травления плату нужно подготовить к лужению. Для этого ее необходимо промыть в ацетоне для удаления защитного покрытия (эту процедуру желательно проводить непосредственно перед лужением, чтобы медное покрытие не окислилось). После этого плату требуется очистить от остатков бумаги и ворса жесткой кистью из щетины. Далее плата покрывается флюсом ЛТИ-120. Для этой цели рекомендуется приобрести флакон с ЛТИ-120 уже с кисточкой в пробке.

Лужение проще всего осуществить медной луженой оплеткой (экраном), снятой с экранированного провода. Кусочек оплетки приматывают к жалу паяльника мощностью 40–50 Вт обычным медным одножильным проводом диаметром 0,5–0,8 мм, при этом нужно оставить свободным конец оплетки длиной 5–7 мм, как у обычной кисточки (рис. 35).

Далее, когда паяльник разогреется, обмакивают эту «кисточку» в канифоль и расплавляют в ней немного припоя. После этого такой «кисточкой» проводят по дорожкам платы, залуживая их. Эта процедура не отнимает много времени, а дорожки оказываются покрытыми тонким, достаточно равномерным слоем припоя. Поскольку у такой «кисточки» мягкий «ворс», даже самые узкие дорожки (шириной до 0,2 мм) не повреждаются и не отслаиваются.



Рис. 35. Приспособление для лужения плат на основе паяльника

Теперь по поводу распайки мелких компонентов и микросхем с малым расстоянием между выводами. Отметим несколько важных моментов.

Во-первых, рекомендуется приобрести антимагнитный пинцет с узкими губками (шириной не более 1–1,5 мм), чтобы им можно было надежно ухватывать резисторы и конденсаторы, предназначенные для поверхностного монтажа, размером 0402 и мелкие микросхемы.

Во-вторых, требуются по крайней мере два паяльника: один с медным жалом диаметром 1 мм (для распайки очень мелких компонентов) и второй чуть крупнее и мощнее — для распайки более крупных компонентов.

В-третьих, естественно, нужны некоторые оптические приспособления (например, паяльные очки, лупы и/или микроскоп).

И наконец, в-четвертых, для укрепления печатной платы перед распайкой необходим какой-либо достаточно тяжелый предмет с плоской и гладкой поверхностью.

Далее будут приведены примеры паяльников и блоков питания к ним и оптических приспособлений.

В качестве самого маленького паяльника автор рекомендует, например, пользоваться паяльником Minor S компании Ersa (6 В, 5 Вт) стоимостью около 1000 руб. Однако этот паяльник нуждается в некотором усовершенствовании.

Дело в том, что «вечное» жало паяльника сделано из твердого и хорошо проводящего тепло сплава. Однако этот сплав по сравнению с более мягкой медью, из которой сделаны обычные жала для паяльников, обладает существенным недостатком. Припой плохо прилипает к такому сплаву. Медное же жало очень хорошо залуживается, поэтому из него и делают жала для паяльников. Поэтому желательно заменить «вечное» жало паяльника медным. Для этого жало просто спиливается, а в торце паяльника просверливается отверстие диаметром 0,7–0,8 мм, в котором нарезается резьба М1. Из отрезка медного провода диаметром 1 мм делается новое жало с резьбой М1, и это жало вкручивается в паяльник. Процедура, конечно, не из простых, однако полученным жалом паять намного надежнее и удобнее. Но это еще не все. Дело в том, что сам нагревательный элемент с жалом закреплен не на конце ручки, а где-то на расстоянии около 2–3 см от ее конца внутри ручки. Это сделано по понятной причине — чтобы конец ручки не нагревался и не жег пальцы. Однако закрепленный таким образом нагревательный



Рис. 36. Усовершенствованный паяльник Minog S ERSA:
а) общий вид; б) паяльник со сдвинутым пробковым кольцом (увеличено)

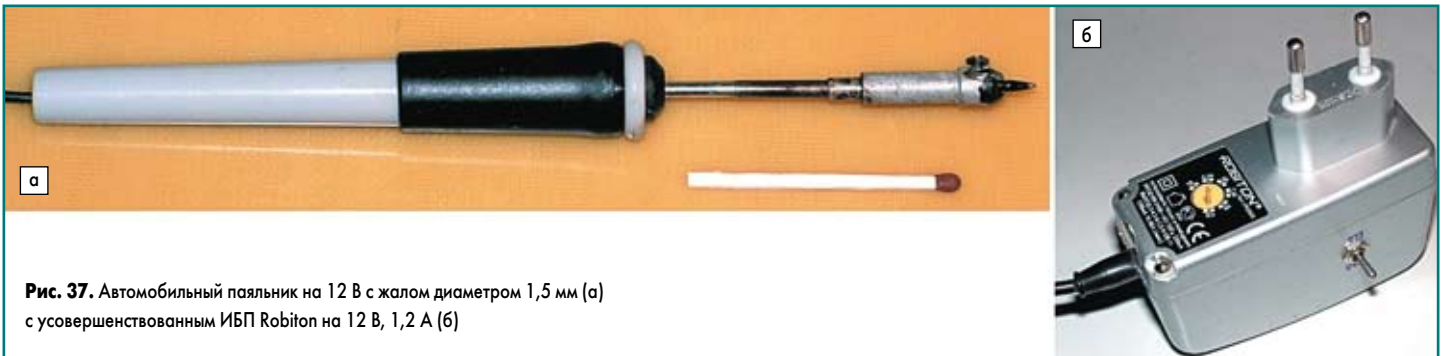


Рис. 37. Автомобильный паяльник на 12 В с жалом диаметром 1,5 мм (а)
с усовершенствованным ИБП Robiton на 12 В, 1,2 А (б)

элемент представляет собой довольно длинную и тонкую консоль, которая сильно пружинит. Для того чтобы длину такой консоли значительно укоротить и тем придать ей большую жесткость, нужно сделать следующее.

На нагревательный элемент надевается с натягом фторопластовый кембрик соответствующего размера, на него также с натягом надевается фторопластовый наконечник, использующийся в приспособлении для отсоса олова, а на него, в свою очередь, надевается кольцо, выточенное из пробкового дерева (обыкновенная пробка от бутылки из-под вина или шампанского).

Для изготовления такого пробкового кольца в пробке сверлится отверстие (вдоль). Затем пробка насаживается на винт, зажимается двумя шайбами и гайкой, и винт с пробкой зажимается в патроне обычной дрели. Дрель включают, устанавливая высокую скорость и с помощью грубой, а затем мелкой шкурки пробковому кольцу придают нужную форму.

Консоль значительно укорачивается, жало паяльника более жестко закреплено (что позволяет значительно легче его позиционировать), а наличие такой тепловой защиты (фторопласт и пробка) дает возможность легко держать паяльник в руке. Можно не бояться обжечься, так как пробка абсолютно не нагревается (рис. 36).

Кроме того, хотя паяльник и предназначен для работы с напряжением 6 В, температура жала при таком напряжении несколько выше требуемого. Это приводит к выгоранию канфоли, почернению жала и в результате — к плохой адгезии припоя с жалом: оно просто не залуживается, что, в свою очередь, приводит к отсутствию припоя на конце жала, а следовательно — к невозможности пайки. Поэтому температуру жала нужно регулировать, а для этого требуется источник питания с регулируемым напряжением 4,5–6,5 В с током не менее 1 А (рис. 7, см. ТвЭП № 8 2010, стр. 20).

Для распайки более крупных микросхем для поверхностного монтажа и электронных ком-

понентов (резисторы, конденсаторы, диоды) с размерами больше 0805 необходим мини-паяльник чуть большей мощности с жалом диаметром около 1,5 мм. Для этих целей с успехом подходит автомобильный паяльник на напряжение 12 В стоимостью около 100 руб. (рис. 37а). Его жало должно быть чисто медным (без «вечного» покрытия) и диаметром 1,5 мм, поэтому его тоже следует несколько доработать.

Для питания этого паяльника автор приобрел ИБП Robiton со ступенчатой регулировкой выходного напряжения от 3 до 12 В с током 1,2 А. Кстати, там можно установить и напряжение 4,5 В для питания светодиодного фонарика (рис. 22, см. ТвЭП № 1 2011, стр. 10).

Этот ИБП автор тоже несколько усовершенствовал. Во-первых, два отдельных выходных диода Шоттки были заменены более мощными в одном корпусе ТО-220. Во-вторых, для получения дополнительного напряжения 14 В (помним 12 В) был установлен дополнительный резистор и переключатель, позволяющий переключать напряжение с 12 на 14 В. Это сделано для того, чтобы температуру жала можно было регулировать в зависимости от размеров микросхем и других компонентов для поверхностного монтажа (рис. 37б).

Как уже говорилось, перед распайкой компонентов печатную плату желателен укрепить на каком-либо достаточно тяжелом предмете с плоской поверхностью. В качестве такого предмета с успехом может быть использован радиатор от процессора старого компьютера (рис. 38).

Поэтому, перед тем как выбрасывать очередной старый системный блок (или материнскую плату), рекомендуется снять кулер и вытащить радиатор процессора.

Радиатор необходимо очистить от пыли, а остатки теплопроводной пасты снять, протерев радиатор изопропиловым спиртом. Для того чтобы такой радиатор не скользил при пайке, к нему со стороны ребер необходимо приклеить (например, полосками двусторон-

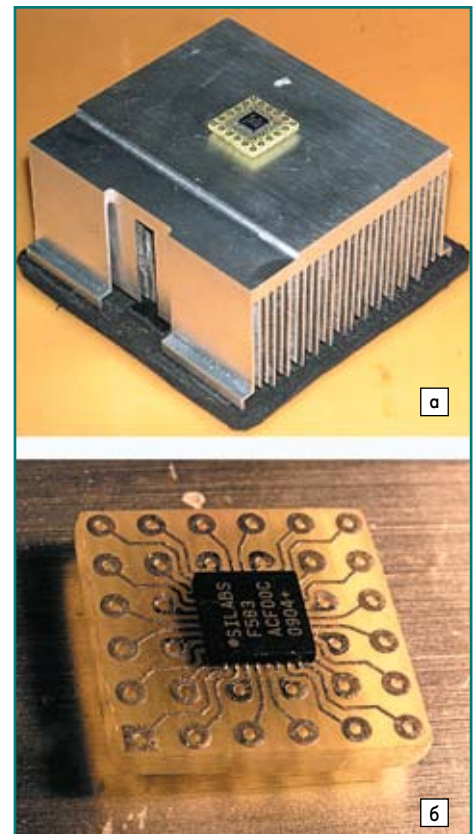


Рис. 38. «Столик» из радиатора от процессора компьютера:
а) общий вид с платой, приклеенной двусторонним скотчем из губчатой ленты;
б) укрупненная фотография платы на столике

него скотча из тонкой губчатой ленты) прямоугольник из губчатой резины (его можно, например, вырезать из ненужного коврика для мыши, сняв матерчатое покрытие).

На таком «столике» плату перед пайкой рекомендуется закреплять полоской двустороннего скотча на основе тонкой губчатой ленты. Если размер печатной платы мал, то микросхеме перед пайкой можно прижать к плате коль-

цом из куска широкого кембрика. После того как микросхема «наживлена» несколькими точками пайки по углам, кольцо разделяется кусачками и удаляется, а микросхема допаявается (процедура распайки микросхемы в корпусе QFN32 более подробно и с фотографиями будет описана чуть позже).

Далее об оптике.

Наиболее дешевым вариантом оптического приспособления является лупа.

По каким параметрам следует выбирать лупу и вообще — чем она характеризуется?

Основным параметром, которым, на взгляд автора, характеризуется лупа, является ее увеличение, или кратность. Например, если лупа увеличивает в 7 раз, то ее кратность $\times 7$. Помимо этого, лупы характеризуются диаметром, конструкцией, а также, конечно, качеством.

Теперь подробнее.

Принято, что кратность лупы (или коэффициент увеличения *Кув*) связана с ее фокусным расстоянием *F* следующей зависимостью:

$$Кув = 250/F, \quad (1)$$

где 250 — так называемое расстояние наилучшего видения, мм; *F* — главное фокусное расстояние лупы, мм.

Например, если фокусное расстояние *F* = 25 мм, то $Кув = 250/25 = 10$, или, другими словами, лупа десятикратная ($\times 10$). На основании формулы (1) справедливо и обратное: если фокусное расстояние *F* = 25 мм, то лупа десятикратная ($\times 10$). Казалось бы, чего проще? Однако, как будет видно из дальнейшего изложения, во-первых, формула (1) справедлива только для одного типа луп (и микроскопов), работающих по принципу увеличения, и не справедлива для другого типа — работающих по принципу приближения (как бинокль или телескоп). Во-вторых, даже для луп первого типа эта формула далеко не всегда соблюдается (это больше касается зарубежных производителей луп).

Как измерить фокусное расстояние лупы? Очень просто. Для этого требуется источник света (например, лампа), достаточно удаленный от лупы (хотя бы на два порядка больше фокусного расстояния), и какой-нибудь светлый плоский экран (подойдет обычный лист бумаги). Лупу располагают параллельно экрану и наводят на фокус изображение источника света (по возможности, точнее). Затем измеряют расстояние от экрана до центра лупы (точнее до плоскости, параллельной экрану и проходящей через центр лупы). Это расстояние и есть фокус (*F*). Измерив фокусное расстояние *F*, можно легко оценить кратность лупы, разделив 25 см на фокусное расстояние (в см).

Необходимо отметить, что наилучшее расстояние, на котором следует поместить предмет, чтобы он был хорошо виден через лупу, приблизительно равно фокусному расстоянию. Этот факт имеет очень большое значение, поскольку нам важно не только (и не столько) наблюдение предмета (например, того или иного электронного компонента), но и помещение его в определенное место

платы и в дальнейшем — его припайка. А для этого требуется место между лупой и платой (хотя бы для того, чтобы там поместился паяльник и пинцет с захваченным компонентом). Если, например, мы имеем лупу $\times 10$ с фокусным расстоянием, соответственно равным 25 мм, то понятно, что все манипуляции с предметом необходимо производить в пространстве, ограниченном этими 25 мм. А это уже не очень удобно. Хорошо бы немного увеличить это пространство, хотя бы миллиметров на 5–10 — до 30–35 мм. Такое увеличение приведет к тому, что нам понадобится лупа с соответствующим фокусным расстоянием (30–35 мм), или уже 7–8-кратная. По этой причине лупы сильнее, чем $\times 10$, в нашем случае использовать нет смысла.

Как уже говорилось, лупа характеризуется еще и качеством. В чем оно проявляется? Все прозаично: в идеале мы хотим видеть через лупу предмет таким, каким он является на самом деле, только увеличенным. На практике, однако, это далеко не так, и вот почему.

Дело в том, что любая лупа обладает искажениями (абберациями). Эти aberrации проявляются тем сильнее, чем больше увеличение лупы (кратность) и больше ее диаметр. Если посмотреть в плохую лупу на предмет, то в лучшем случае можно увидеть только часть предмета в фокусе в узком кругу в середине лупы диаметром не более 50% ее диаметра; на периферии предмет будет «размыт». Такое искажение больше всего проявляется у луп, состоящих из единственной линзы, и называется сферической aberrацией. Существуют и другие типы aberrаций: кома, дисторсия, астигматизм, кривизна поля изображения и др. Все вышеперечисленные aberrации — это искажение формы предмета или, другими словами, геометрические искажения. Такие aberrации принято еще называть монохроматическими, то есть не зависящими от цвета или проявляющимися для конкретного цвета (или определенной длины волны света).

Бывают так называемые хроматические aberrации. Эти искажения проявляются на краях изображения в виде цветной каймы или радужного ореола. Иногда хроматические aberrации несколько искажают цвета. Причем чем лупа проще, тем у нее сильнее проявляется хроматическая aberrация (и, кстати, все остальные).

Обсуждение всех типов aberrаций и способов их исправления далеко выходит за рамки настоящей статьи. Здесь же отметим, что для луп основными являются сферическая и хроматическая aberrации, а такие aberrации, как кома, дисторсия, астигматизм, кривизна поля изображения и другие — более тонкие эффекты, которые исправляются только в хороших объективах. Но лупа — более примитивный (и дешевый) инструмент, чем объектив, а глаз — визуальное приспособление, чем, например, фотопленка или светочувствительная матрица в цифровом фотоаппарате. Многие типы aberrаций глаз попросту не замечает, или «не обращает на них внимание».

«Ну, хорошо, — подумает продвинутый читатель, — все типы aberrаций мы «выкинули» и оставили только сферическую и хроматическую. Со сферической aberrацией все понятно: если ножка микросхемы будет не в фокусе, ее невозможно будет припаять. С другой стороны, если та же ножка будет в фокусе, но чуть другого цвета, это абсолютно не мешает ее идеально припаять. Так зачем же тогда вообще обсуждать хроматическую aberrацию?» Отчасти читатель будет прав: хроматическая aberrация нам не вредит. Дело здесь совсем в другом — в ценах и конструкциях луп, которые предназначены для исправления той или иной aberrации (в том числе и хроматической).

Теперь более подробно о конструкциях луп.

Самая простая и дешевая лупа состоит из одной-единственной линзы. Она, естественно, обладает всеми перечисленными aberrациями, однако если диаметр линзы не очень большой, а кратность не более $\times 7$ – $\times 8$, такая лупа вполне пригодна во многих случаях. Почему их до сих пор и выпускают, и они неизменно пользуются спросом (рис. 39, 40).



Рис. 39. Лупа $\times 7$ с одиночной линзой



Рис. 40. Лупа $\approx \times 7,6$ с одиночной линзой

Для исправления сферической aberrации самый простой, действенный и дешевый способ — добавление в лупу еще одной линзы, изготовленной с тем расчетом, чтобы она исправляла недостатки первой. В такой двухлинзовой лупе (она называется «дублет», от англ. doublet) удается значительно (до 100% при соответствующем диаметре лупы) исправить сферическую aberrацию. Иногда используется слово «дуплет» (сравните дуплет в бильтяре или выстрел из двух стволов охотничьего ружья). Линзы в дублете могут быть склеены (рис. 41) либо между ними может быть небольшой воздушный промежуток (рис. 42, 43). Кстати, лупа-дублет немного исправляет и хроматическую aberrацию.



Рис. 41. Лупа $\times 10$ дублет (склейка из двух линз):
а) вид со стороны маркировки;
б) вид со стороны закрепления линз



Рис. 42. Лупа ≈ 7 дублет из двух линз, разделенных воздушным промежутком, с ручкой:
а) общий вид; б) маркировка лупы на коробке

Цены на лупу-дублет в несколько раз, а то и на порядок выше цен на лупы с одиночной линзой. Причем чем больше диаметр лупы и выше ее кратность, тем цена выше. Большое значение (для цены) имеет, конечно, и качество изготовления самих линз. Если цена лупы с одиночной линзой (рис. 39, 40) колеблется в пределах 60–100 руб., то, например, лупа-дублет с ручкой (рис. 42) стоит чуть более 300 руб., а лупа-дублет на подставке

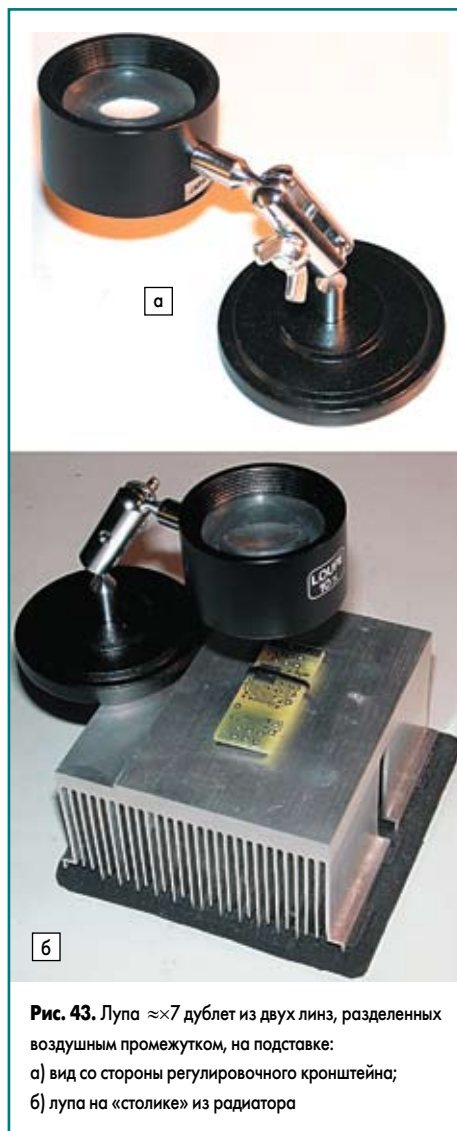


Рис. 43. Лупа ≈ 7 дублет из двух линз, разделенных воздушным промежутком, на подставке:
а) вид со стороны регулировочного кронштейна;
б) лупа на «столике» из радиатора

(рис. 43) — уже более 800 руб. [6]. Цена лупы-дублета (рис. 41) автору неизвестна, поскольку такая лупа ему досталась по наследству.

О качестве луп можно судить по диаметру пятна в фокусе, который может обеспечить лупа (табл. 3), либо по процентному отношению этого диаметра ко всему диаметру лупы ($D\phi/Dл$).

Автором были измерены фокусные расстояния всех луп, приведенных в табл. 3, и по этому диаметру рассчитана их кратность. Судя по данным таблицы 3, соотношение между кратностью лупы и ее фокусным расстоянием (формула (1)) удовлетворяется только для отечественных луп (рис. 39 и 41). Ни китайская (рис. 40), ни американская (рис. 42), ни японская (рис. 43) лупы этому соотношению не соответствуют. Поэтому,

прежде чем покупать лупу, оцените на глаз ее фокусное расстояние (о том, как это сделать, было написано выше) и прикиньте, хотя бы в уме, по формуле (1) ее кратность.

Для исправления хроматической aberrации в лупу-дублет добавляют третью линзу. Такая лупа с тремя линзами называется «триплет» (triplet). По функциональному назначению (то есть по способности исправлять хроматическую aberrацию) лупа называется «ахромат». Если лупа-триплет изготовлена достаточно качественно, то она, естественно, исправляет и сферическую aberrацию. В этом случае она называется «апланат». Стоимость такой лупы-триплета в несколько раз выше стоимости дублета и может достигать многих тысяч рублей в зависимости от качества и диаметра. Однако в связи с особым назначением лупы-триплета-ахромата — оценка ювелирных изделий, и в частности, по их чистоте и цвету (например, бриллиантов), такая лупа часто имеет очень большую сферическую aberrацию, то есть пятно в фокусе занимает очень маленький процент ее диаметра. Как правило, диаметра такого пятна вполне хватает, чтобы хорошо разглядеть оцениваемый камень.

Один из таких триплетов-ахроматов (сделанный на белорусском оптико-механическом объединении «БЕЛОМО») был проанализирован автором визуально. Так вот, пятно в фокусе у него было меньше, чем в обычной однолинзовой лупе (рис. 40). И стоила такая лупа-триплет около 800 руб. Автор посмотрел еще одну лупу-триплет-апланат от компании Zeiss, стоимостью около 6 тыс. руб. Она действительно давала идеальное изображение, но ее стоимость уже выше, чем стоимость микроскопа (о нем чуть позже). Так что за лупу-триплет нужно расплачиваться либо хорошими деньгами, либо, если она стоит менее 1,5 тыс. руб., — резко уменьшенным фокусным пятном. Есть еще один вариант — это откровенный обман. Автор, например, приобрел лупу-«триплет» всего за 120 руб. (!?). Причем не на рынке, а во вполне пристойном магазине «Профи». Там она именовалась «Лупа MG21173A TRIPLET (10 \times 18). Сделано в Китае». Раскрутив ее, автор обнаружил, что это обычная одиночная линза (а никакая не склейка из трех линз), только очень толстая (как настоящий триплет). Диаметр пятна в фокусе у нее в два раза меньше всего диаметра линзы. Поэтому автор отнес ее к лупам с одиночной линзой (рис. 40).

Теперь автор надеется, что читателю понятно, зачем мы обсуждали хроматическую aberrацию.

Необходимо еще добавить, что кроме триплета выпускаются лупы с 4 и даже 5 элементами. Но для луп это уже экзотика.

Кроме луп, требуются и другие оптические приспособления. Например, нужно приобрести паяльные очки с дополнительной лупой, которую рекомендуется заменить более сильной. Для этого можно приобрести специальную просмотровую ювелирную лупу $\times 10$ (рис. 44), раскрутить ее, вытащить увеличительное стекло и вклеить в соответствующее

Таблица 3. Характеристики луп

Лупа	Кув по маркировке	Кув реальный по фокусному расстоянию	Фокусное расстояние (измеренное) F, мм	Диаметр линз(ы) Dл, мм	Диаметр пятна в фокусе Dф, мм	Отношение Dф/Dл, %	Конструкция линзы
$\times 7$ складная	$\times 7$	≈ 7	≈ 35	19	≈ 8	≈ 42	Одиночная
10 \times 18 складная	$\times 10$	$\approx 7,6$	≈ 33	16	≈ 8	≈ 50	Одиночная
$\times 10$ складная	$\times 10$	≈ 10	≈ 25	13	≈ 13	≈ 100	Дублет
$\times 10$ с ручкой	$\times 10$	≈ 7	≈ 35	21	≈ 15	≈ 71	Дублет
$\times 10$ на подставке	$\times 10$	≈ 7	≈ 35	25	≈ 20	≈ 80	Дублет

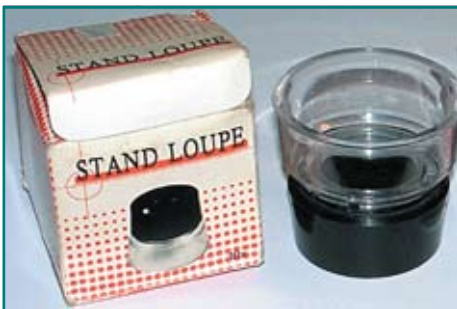


Рис. 44. Специальная ювелирная просмотровая лупа $\times 10$



Рис. 45. Паяльные очки с замененной лупой:
а) лупа задействована; б) лупа не используется

место для лупы в очках. Диаметр ее как раз подходит (рис. 45).

Но наиболее мощное оптическое приспособление — конечно, микроскоп.

На взгляд автора, наилучшим вариантом (в том числе и по цене) является бинокулярный стереомикроскоп YX-AK03 (увеличение $\times 20$ и $\times 40$, подсветка с помощью круговой неоновой люминесцентной лампы дневного света). По случаю (на распродаже) автор приобрел такой микроскоп за 3500 руб. (рис. 46). Это, конечно, не дешево, однако первая же проба распайки микроконтроллера в корпусе QFN32 с расстоянием между выводами 0,5 мм под микроскопом так разительно отличалась от аналогичной процедуры с использованием луп удобством пайки (обе руки свободны) и чисто визуально (трехмерное изображение, которое могут наблюдать оба глаза), что поначалу автор стал пользоваться микроскопом даже при пайке достаточно крупных компонентов.

Постепенно эта эйфория улеглась, так как у луп тоже есть некоторые преимущества перед микроскопом. Основное преимущество луп — возможность смотреть на плату под любым углом (например, в 45°), при расположении платы горизонтально (это удобно для пайки), поскольку лупа держится в руке (или стоит на легко регулируемой подставке, рис. 43). Второе преимущество — оперативность: пока установишь микроскоп, настро-

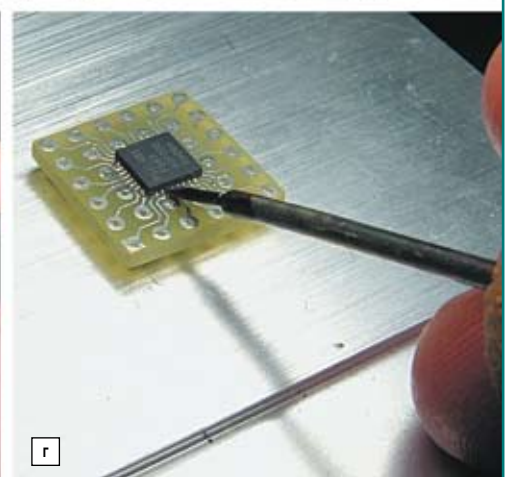
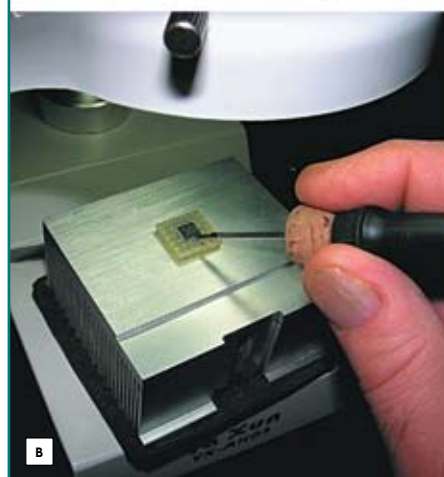


Рис. 46. Распайка микросхемы на печатную плату с помощью микроскопа YX-AK03 и «столика» из радиатора компьютера:

а) установка столика из радиатора на станину микроскопа; б) включение подсветки; в, г) распайка микросхемы

ишь его, включишь подсветку и наведешь на фокус, «пройдет целая вечность».

Однако в микроскоп можно увидеть то, что не увидишь в лупу. Кроме того, как уже говорилось, микроскоп YX-AK03 сконструирован не по принципу увеличения, как, например, обычный биологический микроскоп, а по принципу приближения, то есть как телеобъектив, бинокль или телескоп. Этот принцип позволяет значительно увеличить пространство между объективом микроскопа и самим объектом.

Для того чтобы было понятно, о чем идет речь, еще раз обратимся к приведенной ранее формуле (1), справедливой для луп и микроскопов, работающих по принципу увеличения. Подсчитаем, какое фокусное расстояние должен иметь микроскоп, если, например, его увеличение составляет 20, то есть $K_{ув} = 20$. Из формулы (1) следует, что $F = 250/K_{ув} = 250/20 = 12,5$ мм. При увеличении 40 фокусное расстояние уже равно 6,25 мм. Для исследования какого-либо биологического препара-

та с 40-кратным увеличением его (препарат) помещают на предметное стекло, накрывают покрывным стеклом, помещают предметное стекло на столик микроскопа, приближают объектив на расстояние 6,25 мм и спокойно наблюдают объект. Однако если требуется не только наблюдать объект, но и совершать с ним какие-либо манипуляции (например, припайку микросхемы), то понятно, что в пространстве 6,25 мм особенно «не развернешься». Туда еле поместится пинцет с зажатой микросхемой, и то, если держать его горизонтально. О том, что такую микросхему удастся припаять, не может быть и речи.

С другой стороны, если микроскоп работает по принципу приближения (как бинокль), то расстояние между объективом такого микроскопа и объектом может быть в десятки раз больше, чем 6,25 мм. Это расстояние может быть и 10, и даже 15 см, и туда поместится не только пинцет, но вместе с ним и кисть руки (рис. 46в, г). Это еще одно преимущество микроскопа перед лупами.

Пример процедуры распайки микросхемы в корпусе QFN32

Ранее, когда рассказывалось о столике из радиатора от процессора компьютера, автор упомянул о том, каким образом осуществить распайку микросхем с малым расстоянием между выводами — до 0,5 мм (например, в корпусе QFN32). Для того чтобы читатель не посчитал, что автор хочет отделаться от описания процедуры такой распайки общими фразами, ниже более подробно приведена подобная процедура. Вот в чем она заключается.

Итак, вначале необходимо найти кембрик подходящего диаметра, отрезать от него небольшой кусок в виде кольца и надеть это кольцо на плату. Далее под кембрик следует поместить саму микросхему, а плату закрепить на столике из радиатора двумя полосками двустороннего скотча из губчатой ленты (рис. 47).

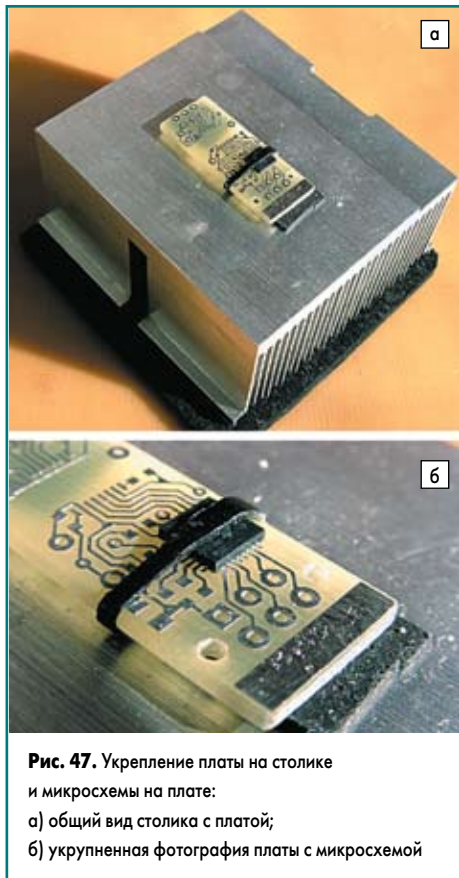


Рис. 47. Укрепление платы на столике и микросхемы на плате:
а) общий вид столика с платой;
б) укрупненная фотография платы с микросхемой

После этого микросхему следует тщательно позиционировать, то есть пододвинуть так, чтобы контактные площадки микросхемы совпали с контактными площадками на плате. Для этой цели автор использует обыкновенную иголку, зажатую в ручных тисках, предназначенных для удерживания мелких предметов (рис. 2, см. ТвЭП № 2'2010, стр. 19). С помощью нескольких толкательных движений микросхему можно достаточно точно позиционировать (рис. 48).

Далее устанавливается температура жала паяльника не очень высокой (чтобы оно могло захватывать достаточное количество припоя и не окислялось), и несколькими точками пайки по углам микросхемы «наживляется» (рис. 49).

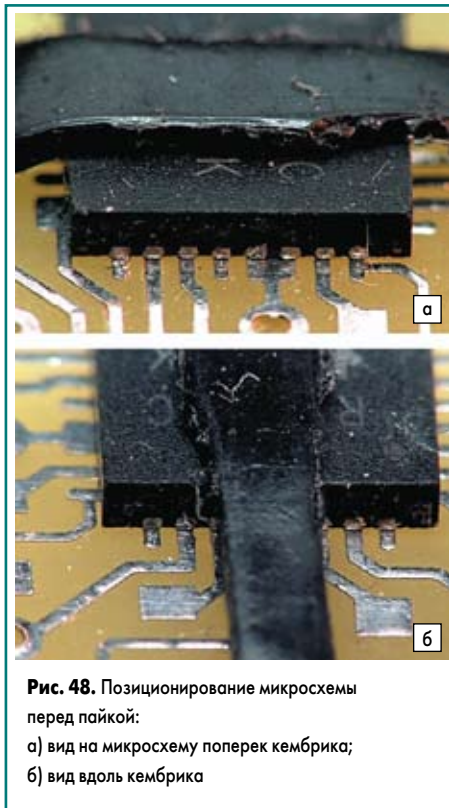


Рис. 48. Позиционирование микросхемы перед пайкой:
а) вид на микросхему поперек кембрика;
б) вид вдоль кембрика

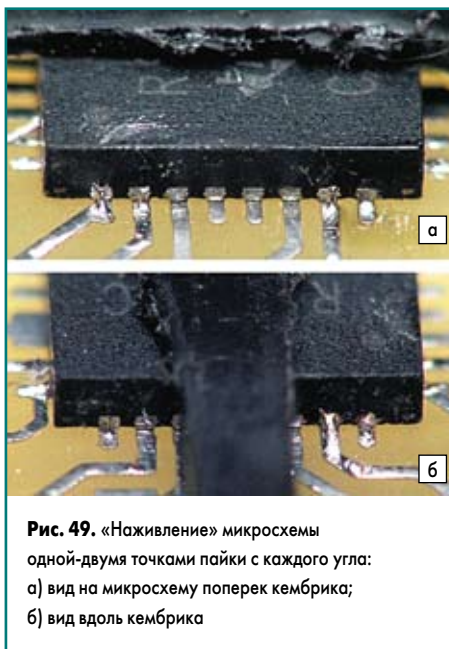


Рис. 49. «Наживление» микросхемы одной-двумя точками пайки с каждого угла:
а) вид на микросхему поперек кембрика;
б) вид вдоль кембрика

После того как микросхема «наживлена», кембрик раскусывается обычными кусачками и выбрасывается (рис. 50), а оставшиеся выводы микросхемы допаяются (рис. 51). На этом этапе главное — поместить достаточное количество припоя на каждую контактную площадку, не заботясь особенно о «красоте» пайки.

После того как все контактные площадки пропаяны, они тщательно промазываются флюсом (например, ЛТИ-120). Для этого рекомендуется приобрести флакон с флюсом и кисточкой в пробке.

Затем устанавливается максимальная температура жала паяльника, и когда он полностью прогреется, производится окончательная пайка. Паяльником достаточно коротковременно прикоснуться к каждой контактной



Рис. 50. Раскусывание кембрика кусачками



Рис. 51. Предварительная распайка остальных контактов:
а) вид на микросхему с одной из сторон;
б) вид с другой стороны

площадке. От высокой температуры припой быстро расплавляется и свободно затекает между контактной площадкой микросхемы и контактной площадкой платы. Лишний припой, как правило, уходит на дорожку платы. Этому также способствует и флюс. Таким образом пропаиваются все контактные площадки микросхемы.

На этом работа завершается, и микросхема оказывается достаточно качественно и ровно припаянной к плате (рис. 52). Для того чтобы можно было оценить масштаб, рядом с микросхемой в корпусе QFN32 (размер 5×5 мм, расстояние между выводами 0,5 мм) положена обычная спичка (рис. 53а).

Что касается распайки микросхем в корпусах TSSOP, SSOP (расстояние между выводами 0,65 мм) и QSOP (расстояние между выводами 0,64 мм), то для их позиционирования также можно использовать кембрик. Само позиционирование микросхем в таких корпусах несколько проще и быстрее, чем микросхем в корпусе, например, QFN32, поскольку выводы у них (TSSOP, SSOP и QSOP) расположены с двух сторон (а не с четырех, как у QFN32). После позиционирования такая микросхема «наживляется», далее местá пайки покрываются флюсом, микросхема окончательно распаивается, и затем кембрик удаляется. Таким образом, процедура их распайки несколько проще.

После того как все микросхемы и другие компоненты для поверхностного монтажа распаяны, для удаления остатков флюса плата

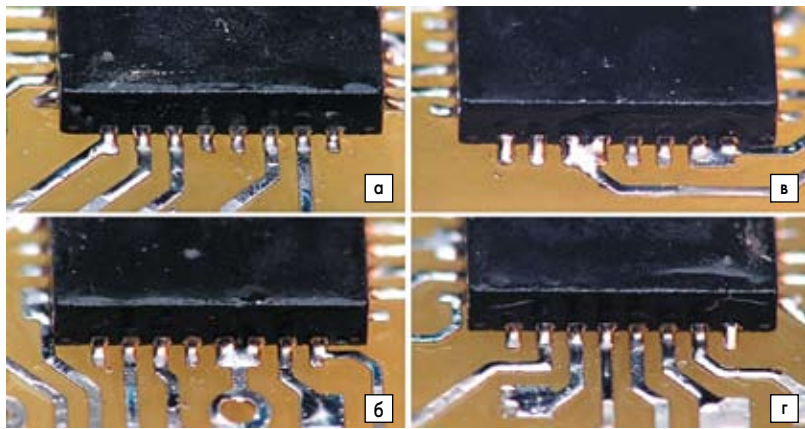


Рис. 52. Окончательная пропайка контактов микросхемы: а–г) вид на микросхему со всех 4 сторон

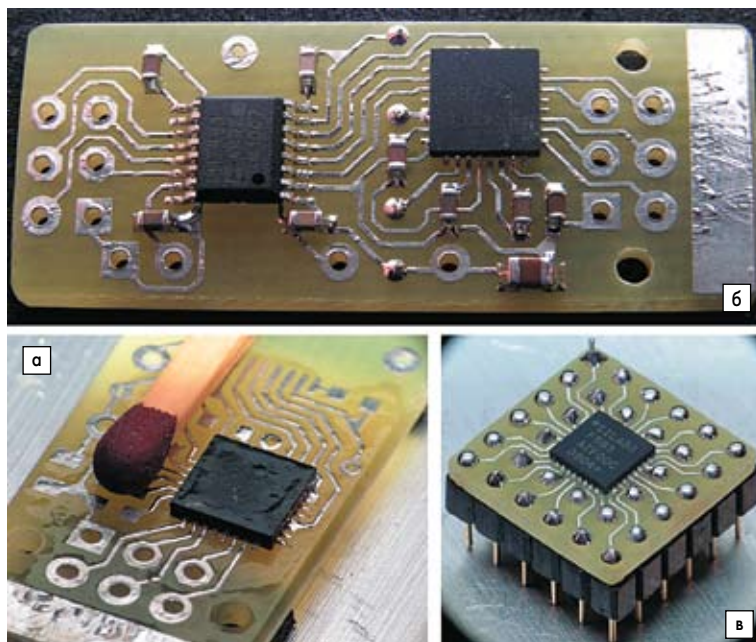


Рис. 53. Распайка микросхем в корпусах QFN32 и QSOP16:

- а) микросхема в корпусе QFN32 после распайки (остатки флюса еще не удалены);
- б) общий вид платы после распайки всех компонентов для поверхностного монтажа и промывки в изопропиловом спирте;
- в) пример распайки микроконтроллера C8051F583 на плате-переходнике QFN32-PGA32

тщательно промывается изопропиловым спиртом. Далее кисточкой с жестким ворсом из щетины с платы удаляется все, что к ней прилипло после промывки (рис. 53б).

Иногда при разработке нового устройства для предварительного макетирования требуется плата-переходник QFN32-PGA32. В этом случае на такой плате вначале распайвается микросхема в корпусе QFN32, а затем уже к плате припаиваются ножки (рис. 53в).

Если после рассматривания фотографий (рис. 47–53) у читателя возникнет фраза: «Ну, а остальное — уже дело техники» (пусть даже не высказанная вслух), автор считает свою работу законченной.

Здесь необходимо добавить, что из оптических приспособлений при проведении представленной процедуры распайки были использованы лупы $\times 10$ (рис. 41) — в основном и в редких случаях $\times 7$ (рис. 39); изредка использовались и паяльные очки (рис. 45). Дополнительная лупа в паяльных очках не применялась.

Примеры готовых плат

Для демонстрации на рис. 54 приведены фотографии плат, изготовленных с помощью приемов и методов, описанных в настоящей статье. Платы изготовлены с фотошаблонов, полученных методом фоторепродукции [3]. Эти платы являются готовыми и работоспособными блоками одной из последних версий устройства сопряжения с объектом (УСО), который используется в измерительно-вычислительном комплексе (ИВК), предназначенном для работы на установках по проверке промышленных счетчиков объема газа [5].

Фотографии сделаны после тестирования плат, но перед сборкой готового устройства, поэтому на них можно заметить остатки канифоли после распайки компонентов навесного монтажа (рис. 54а).

Перед сборкой устройства платы необходимо тщательно промыть изопропиловым спиртом и покрыть цапонлаком со стороны дорожек (рис. 55).

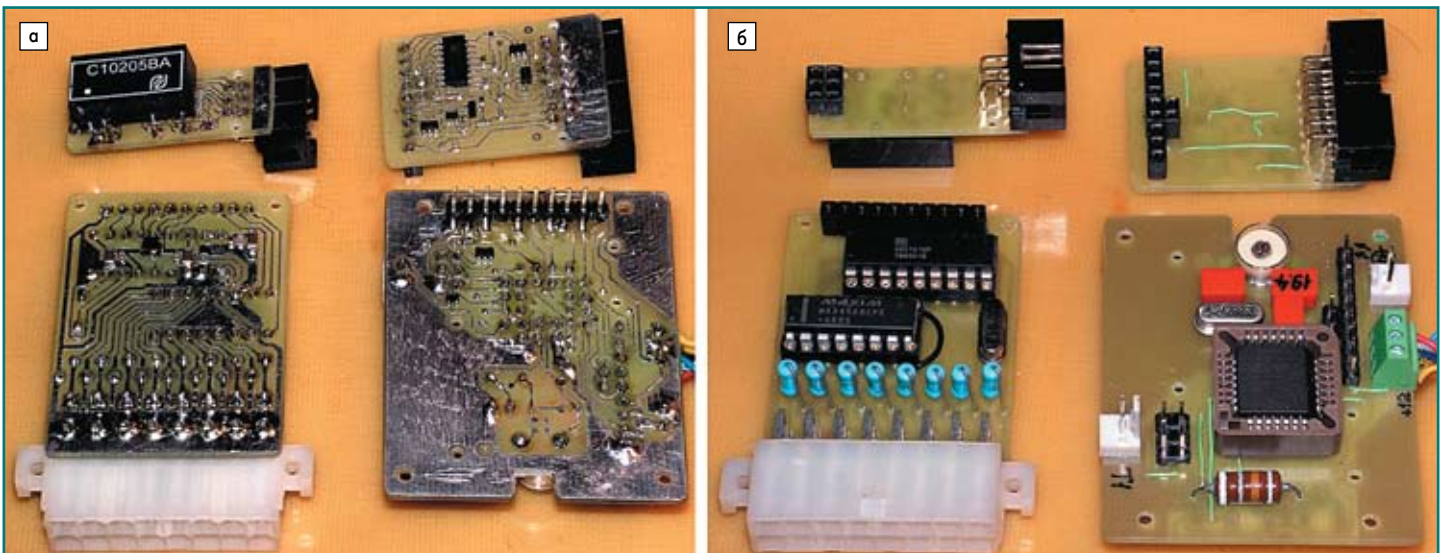


Рис. 54. Примеры готовых плат: а) вид со стороны разводки; б) вид со стороны компонентов, установленных навесным монтажом

Заключение

Хотя статья в некотором смысле и носит производственный характер, она в первую очередь предназначена именно для разработчиков электронных устройств, а отнюдь не для производителей печатных плат. Автору хорошо известно на личном опыте, какие колоссальные усилия, время и средства тратит разработчик устройств на то, чтобы получить печатную плату, заказанную в сторонней организации. Сколько тратится времени, чтобы неоднократно проверять разводку и исправлять ошибки, сделанные разводчиком. Кроме того, ошибки, сделанные разработчиком, автоматически переносятся на разводку разводчиком и, в конечном этапе, — на саму плату. В лучшем случае на готовой плате эти ошибки могут быть исправлены разрезанием дорожек и распайкой новых перемычек, а в худшем — придется заказывать новую плату и, естественно, за это платить (и не только деньгами, но и дополнительными усилиями и временем).

Если же разработчик производит печатную плату своими силами, пусть даже не так идеально по разводке и по сверлению отверстий, как профессионал, то максимум, чем может похвастаться разработчик за свою ошибку, — шлепнуть себя по лбу (а иногда и обругав себя). Зато никаких денег это не стоит. Вот для этого и написана эта статья. ■

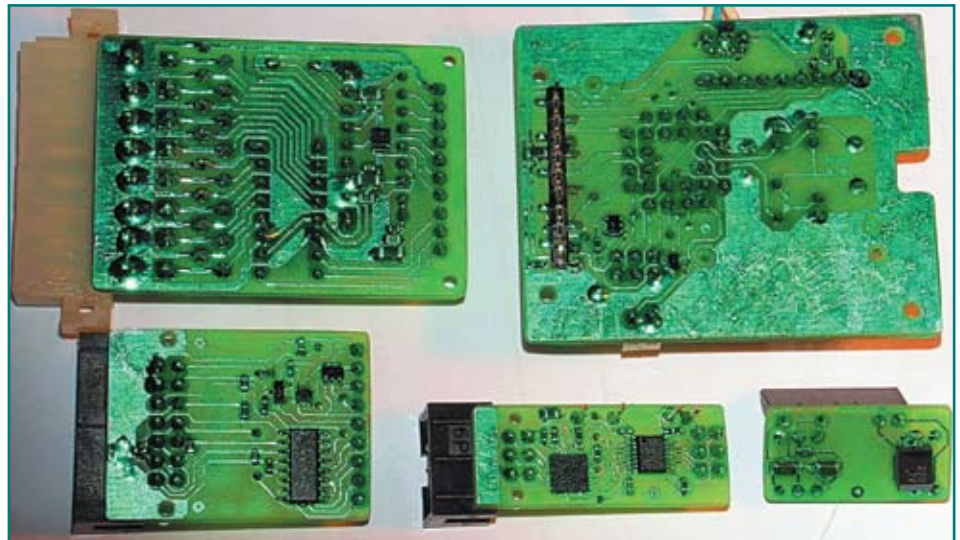


Рис. 55. Платы, покрытые цапонлаком со стороны дорожек

Литература

1. Кузьминов А. Современные аппаратные средства связи микроконтроллера с компьютером по интерфейсу RS-232 // Компоненты и технологии. 2006. № 3–5.
2. Кузьминов А. Ю. Интерфейс RS-232. Связь между компьютером и микроконтроллером. От DOS к Windows 98/XP. М.: ИД «ДМК-пресс», 2006.
3. Кузьминов А. Метод фоторепродуцирования для изготовления фотошаблона печатных плат в домашних условиях // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 5–7.
4. Нечаев И. Модуль мощного стабилизатора напряжения на полевом транзисторе // Радио. 2005. № 2.
5. www.microcompsys.narod.ru
6. www.gallery-st.com