

# Реверс-инжиниринг для ремонтника

Валентин Володин  
[valvol@valvol.xyz](mailto:valvol@valvol.xyz)

Давно канули в Лету те времена, когда производители электроники снабжали выпускаемую ими аппаратуру подробной документацией, схемами, а также рекомендациями по ремонту. Теперь такая практика скорее исключение, чем правило. Схемы зачастую отсутствуют даже в доступной сервисной документации. Чем это вызвано, трудно сказать. Возможно производители считают, что таким образом они стимулируют спрос на свои изделия? Типа не стоит ремонтировать нашу продукцию, лучше покупайте заново. А возможно просто, в погоне за уменьшением цены, уменьшают различные издержки, в том числе и издержки связанные с выпуском сервисной документации.

Но чтобы там производители не думали, результатом такой практики является то, что большая часть посетителей на ремонтных форумах ищут схемы тех или иных электронных устройств. Причем запросы на одни и те же схемы повторяются в течении многих лет! И это не случайно. Все, кто когда-то пытался срисовать схему с реального устройства, сталкивались с различными трудностями. На печатных платах компоненты обычно расположены с одной стороны платы, а пайки и соединения (дорожки) с другой. В этих условиях весьма проблематично определить какому компоненту принадлежит та или иная пайка. Соответствие зачастую приходится определять при помощи тестера. В двухсторонних платах большая часть связей проходит под компонентами и скрывается ими. Все это не только затрудняет рисование схемы, но и может привести к серьезным ошибкам.

В данной небольшой статье я хочу поделиться собственным опытом подготовки файлов для реверс-инжиниринга различных электронных устройств, использующих печатные платы.

## 1. Как срисовывать схему, если нет компьютера?

В докомпьютерные и слабо компьютеризированные времена для извлечения схемы печатной платы мне обычно требовались лист чистой бумаги, карандаш, игла и обычное застекленное окно. В процессе извлечения, на листе бумаги наносится контур платы, внутри которого разрисовываются компоненты. Рядом с компонентами указываются их позиционные обозначения (если таковые указаны на плате).

Для удобства, размер платы и компонентов можно увеличить. Особой точности здесь не требуется, но некую пропорциональность в размещении выводов компонентов всё же соблюдать надо. Дальше будет понятно зачем это требуется.

После завершения рисования стороны компонентов (лицевая сторона листа), необходимо перенести вывода компонентов на сторону паек (обратная сторона листа). Для этого иглой накальваются все выводы на стороне компонентов. Затем лист переворачивается и с обратной стороны все проколы обводятся маленькими кружочками — пайками. Все вместе эти пайки, как звезды на небе, выстраиваются в различные узоры. И эти узоры должны хорошо напоминать узор паек на реальной плате.

После того, как все компоненты и пайки нанесены, необходимо внимательно изучить плату со стороны компонентов и нанести на лист бумаги все дорожки, которые там имеются. Дорожки, скрытые по корпусами компонентов, необходимо "вызвонить" при помощи тестера в режиме прозвонки.

Закончив работать со стороной компонентов, переворачиваем лист бумаги и рисуем дорожки на стороне паек платы. Здесь нужно быть внимательным и ориентироваться на узор расположения паек. Если же рисунок платы был выполнен небрежно и узор паек не совпадает, то придется использовать прозвонку.

В качестве примера, на рис.1 и рис.2 изображены виды, полученные при ручной разрисовке схемы платы управления сварочного источника RytmArc.

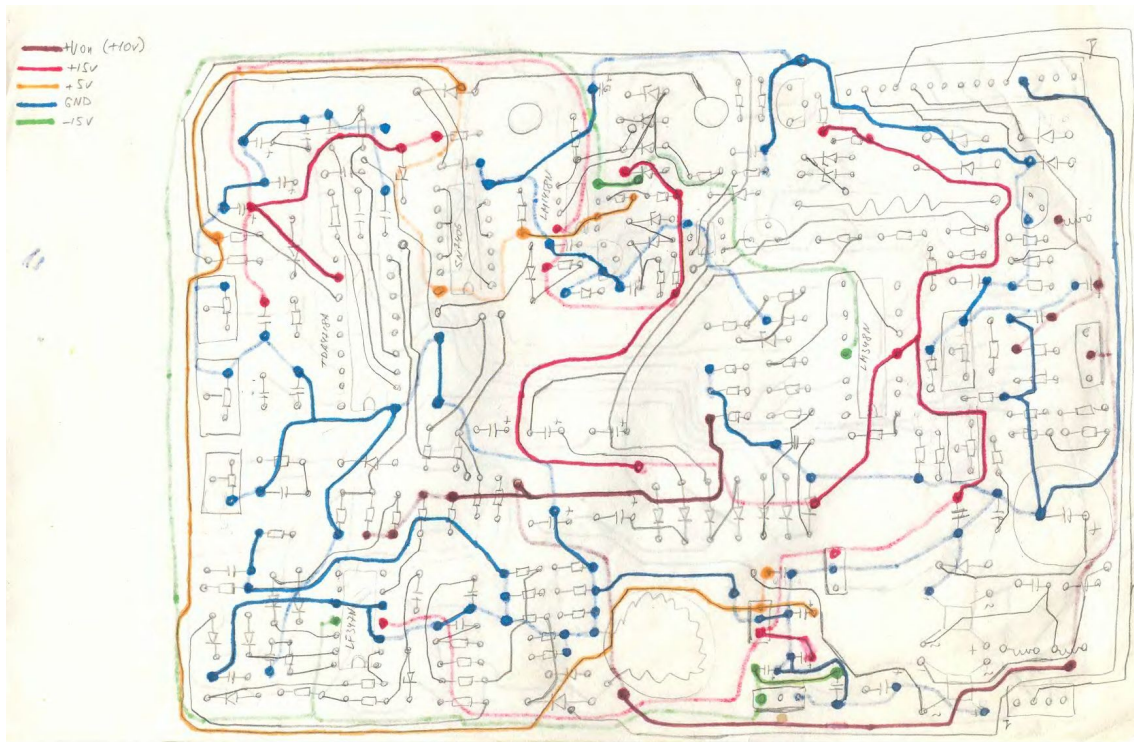


Рис.1. Зарисовка платы управления сварочного источника RytmArc со стороны компонентов.

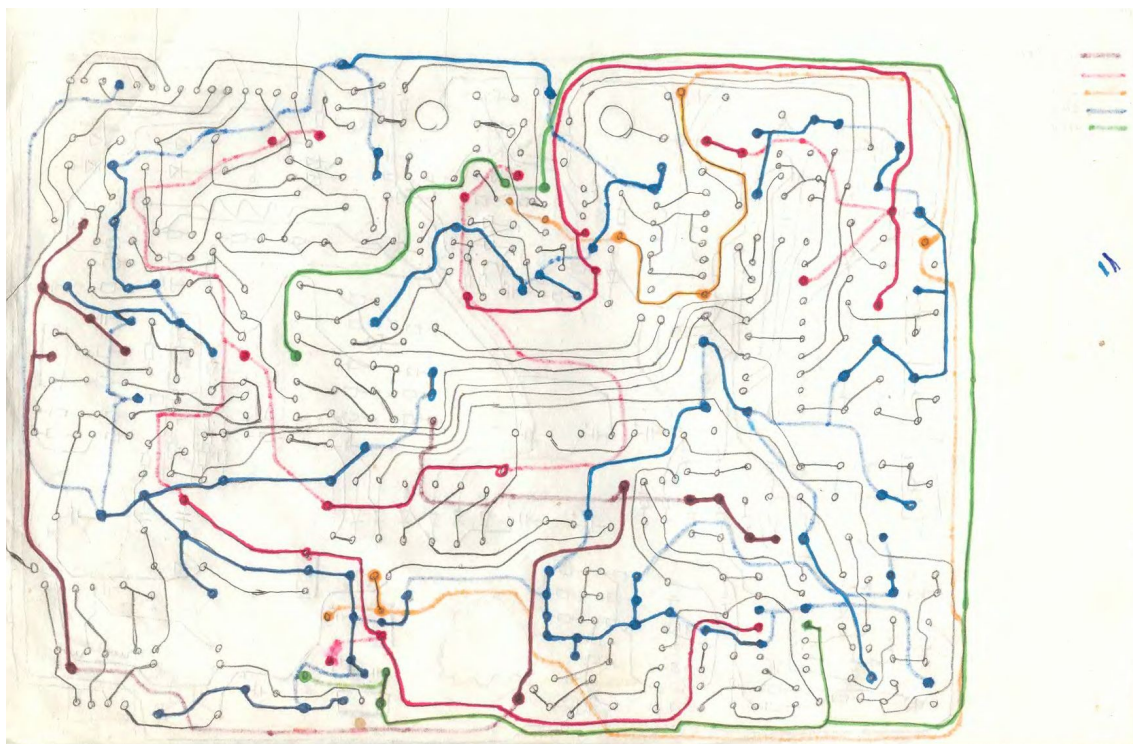


Рис.2. Зарисовка платы управления сварочного источника RytmArc со стороны паек.

Теперь остается только зарисовать схему. Когда все компоненты и связи учтены, то это сделать совсем несложно. Обе стороны листа, соответствующие обоим сторонам печатной платы, хороши видны на просвет, если смотреть через лист на источник света. В дневное время можно просто приложить лист бумаги к стеклу окна. В темное время суток, для работы можно использовать искусственные источники света.

Для удобства, некоторые глобальные цепи, такие как цепи питания, можно выделить различными цветами. Например, на рис.1 различными цветами обозначен общий провод GND (синий), а также шины питания -5 В (зеленый), +5 В (желтый), +10 В (коричневый) и +15 В (красный).

## 2. Рисование схемы при помощи компьютера

Компьютер упрощает процесс исследования печатной платы. Можно получить изображения лицевой и задней сторон печатной платы при помощи сканера, фотоаппарата или смартфона (благо он всегда рядом) и загрузить их в подходящий графический редактор, способный размещать несколько изображений на разных слоях. Сейчас возможность работы с многослойными изображениями присутствует даже в редакторе Paint, который поставляется с ОС Windows. Далее, просто совместив изображения лицевой и задней стороны платы и переключая при необходимости их видимость можно отслеживать электрические связи. Таким образом можно зарисовывать схемы относительно несложных плат. При увеличении сложности становится трудно отслеживать связи, постоянно переходящие с одной, на другую сторону. Тут и там приходится дорисовывать плохо видимые и скрытые корпусами компонентов дорожки, указывать номиналы и типы компонентов и т. п. В таких случаях проще, используя изображения сторон в качестве шаблона, прорисовать плату в редакторе печатных плат. Это потребует дополнительного времени. Однако в качестве бонуса вы получите полностью прозрачный проект печатной платы в котором, средствами редактора, можно легко отследить любую цепь, просмотреть список компонентов и т. п. При выборе редактора печатных плат необходимо обратить внимание на его способность использовать в качестве шаблона растровые фоновые изображения. Такую возможность имеют многие редакторы. Из особо популярных стоит упомянуть [PCB Layout из KiCad](#) и [SprintLayout](#).

Для получения изображений сторон печатной платы, лучше использовать не фотоаппарат, а сканер. Однако, не все сканеры могут с высокой резкостью снять объекты, расположенные выше уровня стекла. В результате, изображение платы даже со стороны паек получается размытым. Поэтому на практике, для получения изображений платы, чаще используют фотоаппарат или смартфон. К сожалению, изображения на фотографии имеют не только меньшее разрешение, но и содержат характерные оптические искажения. Кроме этого, изображения на фотографиях имеют различный масштаб. В результате, при наложении изображений разных сторон платы друг на друга одни и те же элементы (выводы компонентов и переходные отверстия) разбегаются в разные стороны. Поэтому, перед использованием, фотографии должны пройти определенную обработку устраняющую все искажения и нормализующую их размер.

В качестве примера, рассмотрим плату БПК-04.21 от сварочного источника ВДИ-200Е Патон, фотографии которой изображены на рис. 3 и рис. 4. Измеренная штангелем ширина платы составляет 79.65 мм, а высота 64.1 мм.

Счастливые обладатели хороших сканеров могут пропустить раздел, посвященный обработке фотографий, и сразу перейти к обрезке изображения по границе печатной платы.

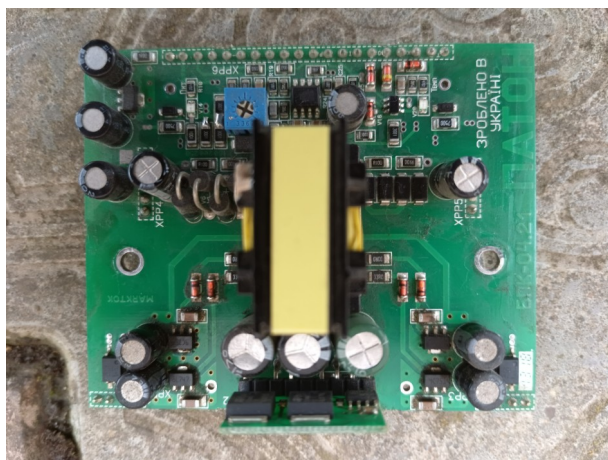


Рис. 3. Вид платы БПК-04.21 со стороны компонентов

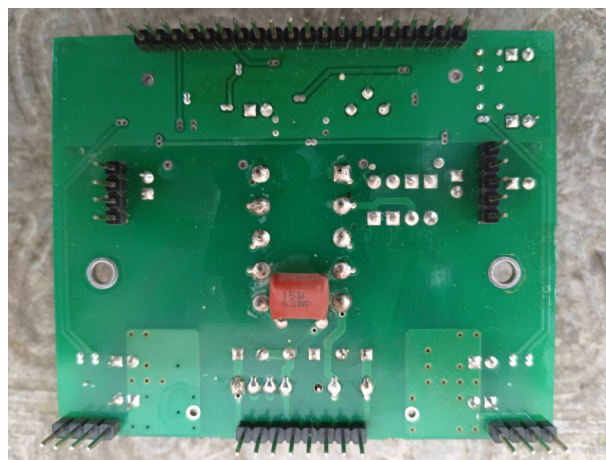


Рис. 4. Вид платы БПК-04.21 со стороны паек

### 2.1. Обработка фотографий

Paint, в принципе, неплохой редактор. Но он не позволяет исправлять геометрические искажения, присущие фотографиям. Поэтому остановим свой выбор на бесплатном, но между тем отличном редакторе растровой графики под названием [GIMP](#).

Фотографии на рис. 3 и рис. 4 взяты из архива и содержат не очень большие искажения. Такие искажения можно даже игнорировать. Однако устранение даже этих искажений безусловно упростит работу с изображением платы.

#### 2.1.1. Устранение перспективы

На фотографиях (рис. 3 и рис. 4) противоположные стороны прямоугольной в реальности платы имеют почему-то разную видимую длину. Подобное искажение называется искажением перспективы. Чтобы устранить это искажение, откроем GIMP и загрузим сначала вид платы со стороны компонентов (рис. 5).

Вытягиваем по две направляющие из верхней и левой линеек в окне проекта и, проведя их через самые выступающие углы, выстраиваем прямоугольник.

**Примечание:** Если требуется изменить положение направляющей, то это можно сделать после нажатия клавиши буквы **М**.




Рис. 5. Окно инструмента **Перспектива**

Далее вызываем инструмент **Перспектива**. Это можно сделать либо нажав комбинацию клавиш Shift+P, либо через меню *Инструменты* → *Преобразование* → *Перспектива*.

Обратите внимание на настройки инструмента **Перспектива**, расположенные слева от окна проекта. Убедитесь, что настройки следующие:

- Направление** - Обычное (вперед);
- Интерполяция** — Кубическая;
- Обрезка** - С полями;
- Предпросмотр** — .

После активизации инструмента **Перспектива** появятся квадраты в каждом из четырёх углов изображения. Перетаскиваем угловые квадраты таким образом, чтобы углы платы совпали с углами прямоугольника, образованного направляющими.

**Примечание:** Если диалоговое окно с перспективой мешает, отключите его, нажав на значок . Мешающее при этом диалоговое окно **Перспектива** видоизменится и его можно будет переместить в другое место.

В процессе работы можно менять положение и масштаб изображения, зажав клавишу Ctrl и вращая колесико мышки. После подтягивания любого угла, другие углы также немного смещаются. Поэтому операцию подтягивания нужно повторить несколько раз для всех углов. После получения удовлетворительного результата нажимаем кнопку **Преобразовать**, для завершения работы. Полученный результат изображен на рис. 6.

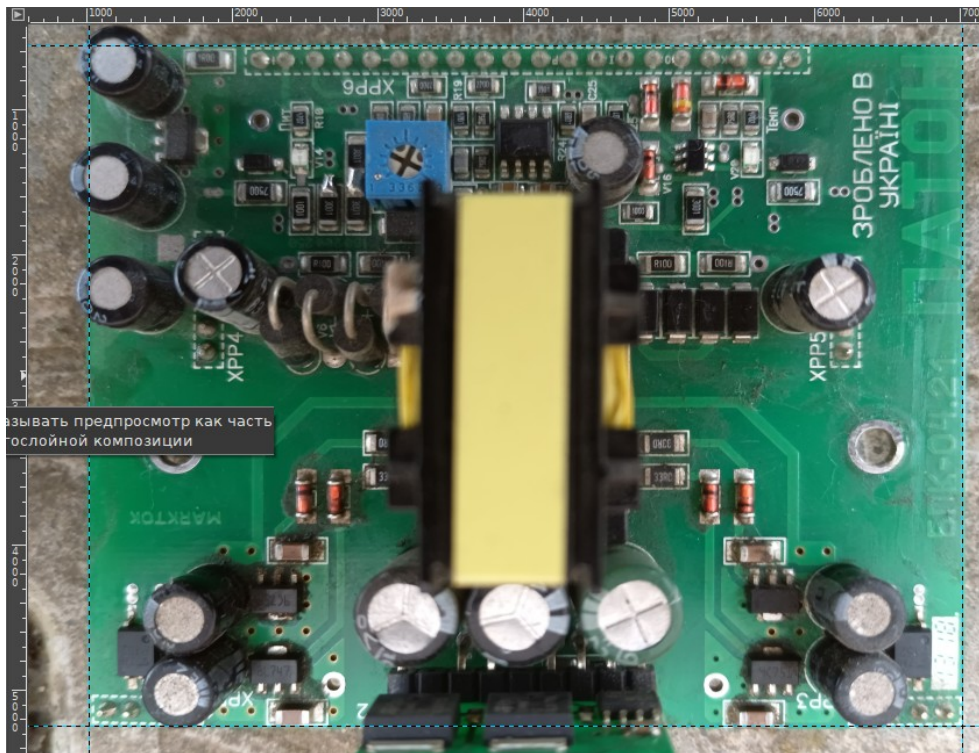


Рис. 6. Результат устранения перспективы

### 2.1.2. Устранение искажения оптики

На рис. 6 стороны платы немного выступают за границы, обозначенные направляющими, которые совпадают с углами платы. Однако, даже такие, казалось бы, небольшие выступы вполне сравнимы с размерами переходного отверстия и возможна ситуация, когда положение одного и того же вывода или переходного отверстия на изображениях лицевой и задней сторон платы будут серьезно не совпадать.

Для устранения искажения оптики вызываем фильтр **Искажения оптики...** через меню *Фильтры* → *Искажения* → *Искажения оптики...*

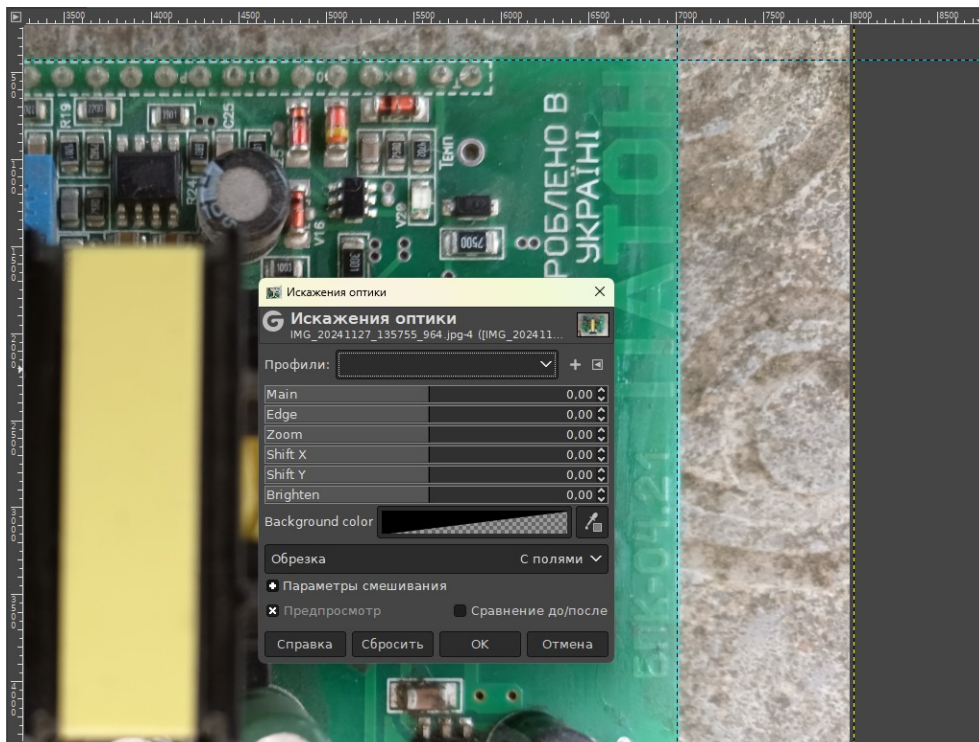


Рис. 7. Настройка искажения оптики

На рис. 7 показано окно **Искажения оптики**, включающее несколько линеек настройки. Справа от каждой линейки указано цифровое значение настройки, которое может изменяться в диапазоне от -100 до 100:

- Main** - Сферическая коррекция. Положительное значение придает изображению более выпуклый вид, а отрицательное вогнутый;
- Edge** - Определяет объём дополнительной коррекции ближе к углам изображения;
- Zoom** - Определяет степень увеличения или уменьшения как результат гипотетической линзы;
- Shift X** – Смещает искажение по оси X;
- Shift Y** – Смещает искажение по оси Y;
- Brighten** – Уменьшает/увеличивает яркость в соответствии с кривизной.

Для получения удовлетворительного результата обычно достаточно применения настроек “Main”, “Shift X” и “Shift Y”.

Результат применения искажения оптики показан на рис. 8.

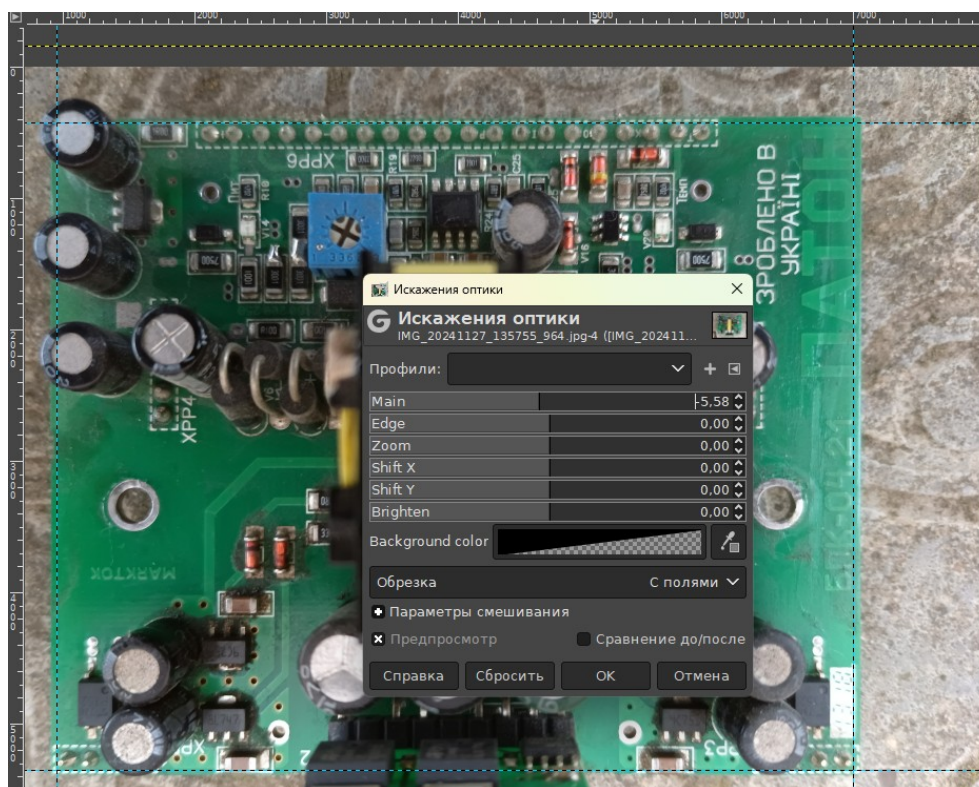


Рис. 8. Результат устранения искажения оптики

В данном случае оказалось достаточно применить только сферическую коррекцию. Края платы практически параллельны соответствующим направляющим.

Чтобы сохранить изображение в формате BMP или JPG используйте меню *Файл* → *Экспортировать как...* или комбинацию клавиш Shift+Ctrl+E.

Искажения фотографии задней стороны платы устраняются таким же образом. Однако, чтобы заднюю сторону можно было совместить с лицевой, её надо зеркально отразить по горизонтали. Это можно сделать через меню *Изображение* → *Преобразования* → *Отразить по горизонтали*.

### 2.1.3. Обрезка изображения по контуру платы

Чтобы использовать изображение как шаблон, ему надо придать размер и затем обрезать по контуру платы. Т. е. отрезать от изображения фрагменты не относящиеся к самой плате.

Размер изображения можно задать через меню *Изображение* → *Размер изображения*.

В окне изменения размера изображения задайте разрешение изображения в пикселях на миллиметр (рис. 9). Необходимо указать такое разрешение, при котором ширина изображения будет равняться реальному размеру изображения. В данном случае реальная ширина изображения составляет примерно 100 мм.

Теперь разорвите цепочку, связывающую ширину и высоту изображения, щёлкнув по ней левой кнопкой мышки, и в качестве ширины и высоты укажите соответствующие размеры печатной платы (рис. 10). Затем нажмите кнопку **Изменить**.

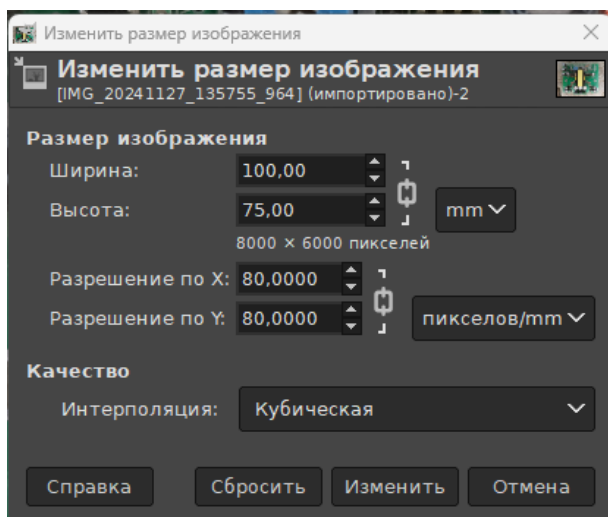


Рис. 9. Задание разрешения изображения

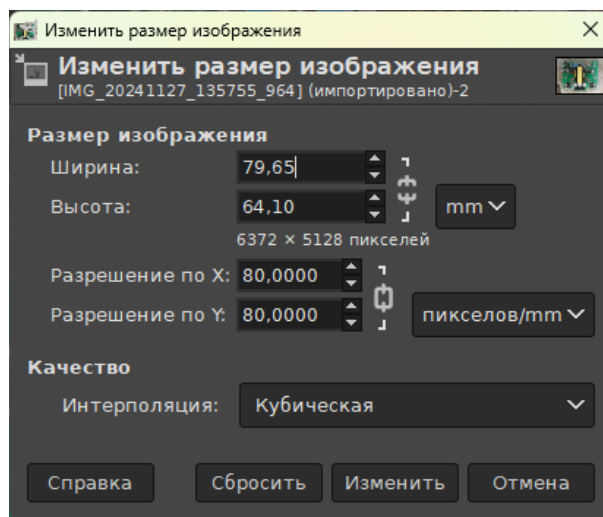



Рис. 10. Задание размера изображения

Далее растяните плату на весь размер изображения, используя меню *Инструмент* → *Преобразование* → *Преобразование по точкам* или комбинацию клавиш Shift+L. Для этого цепляйте углы платы, наведя на них крестик указателя и нажав левую кнопку мышки, и тяните их к соответствующим углам рамки, обозначенной пунктирной черно-желтой линией. Для позиционирования и увеличения точности, изображение можно увеличить/уменьшить, зажав клавишу Ctrl и вращая колесико мышки.

**Примечание:** Если диалоговое окно преобразования по точка мешает, отключите его, нажав на значок . Мешающее при этом окно видоизменится и его можно будет переместить в другое место.

После завершения растяжки, щёлкните по кнопке **Преобразовать**. Результат преобразования изображен на рис. 11.

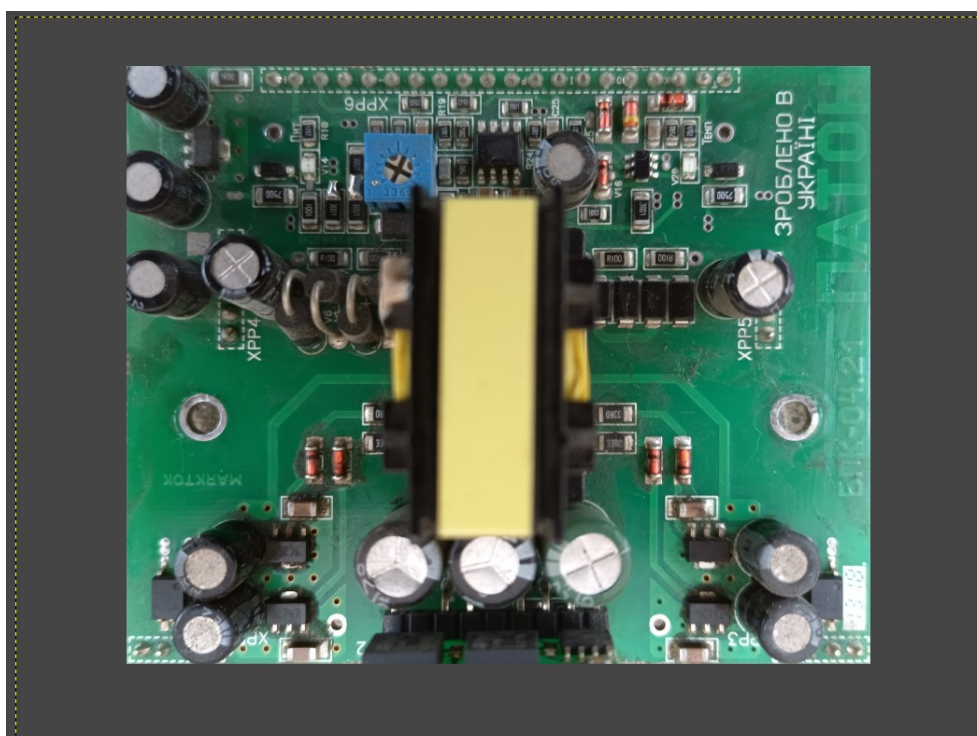


Рис. 11. Изображение, обрезанное по контуру платы

Чтобы сохранить изображение в формате BMP или JPG используйте меню *Файл* → *Экспортировать как...* или комбинацию клавиш Shift+Ctrl+E.

Обрезка фотографии задней стороны платы делается таким же образом.

### 3. Загрузка изображений платы в редактор печатных плат

#### 3.1. Загрузка шаблонов в Sprint Layout

В качестве примера, рассмотрим загрузку изображений в редактор печатных плат [Sprint Layout](#). Запустите программу и в окне **Свойства** настройте размер платы (рис. 12).

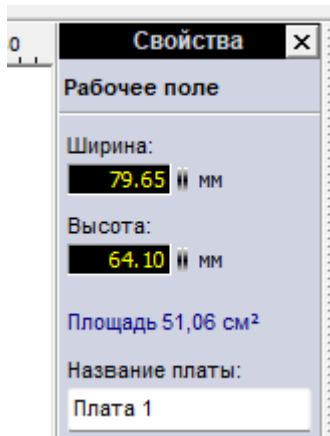


Рис. 12. Настройка размера печатной платы.


Затем вызовите окно **Шаблон**, щёлкнув по кнопке  на панели инструментов. Выберите в окне правильную сторону. Лицевая сторона обозначается как Сторона 1, а задняя сторона обозначается как Сторона 2. После выбора стороны нажмите кнопку **Загрузить** и выберите файл с изображением лицевой стороны. Разрешение в DPI редактор выберет автоматически (рис. 13).

Рис. 13. Параметры загрузки шаблона лицевой стороны платы

Таким же образом загружается шаблон задней стороны платы. После загрузки, шаблоны используются для размещения компонентов и

трассировки дорожек.

Для улучшения видимости дорожек можно сделать несколько фотографий платы, пропустив через неё яркий свет от настольной лампы (рис. 14).

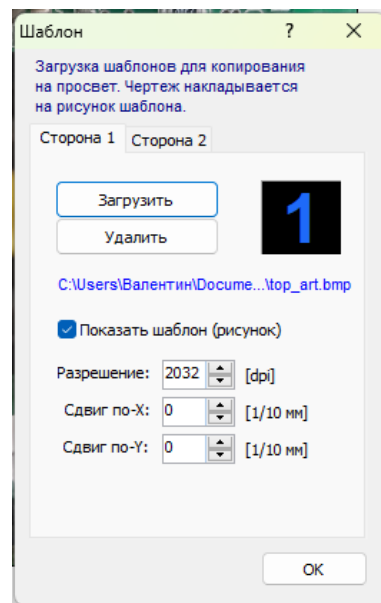
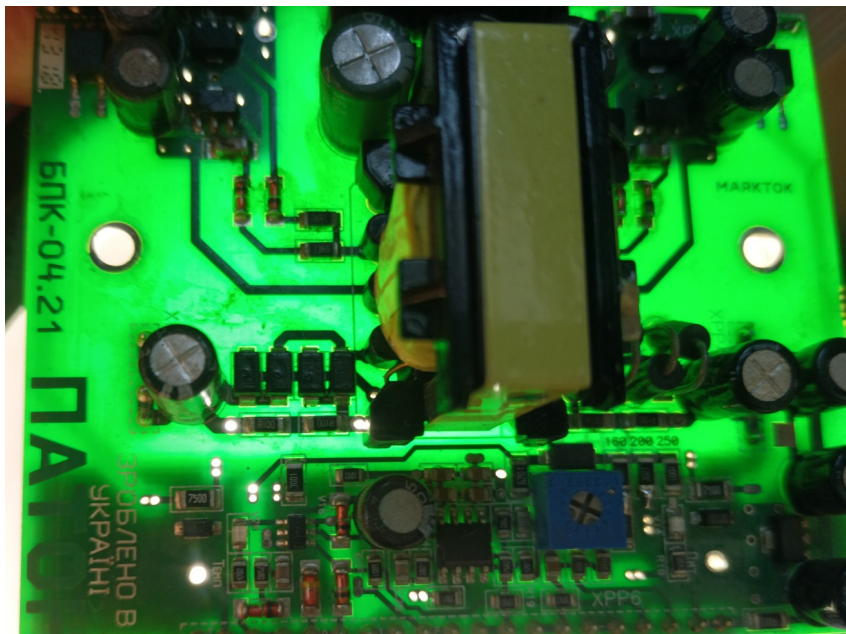



Рис. 14. Подсветка улучшает видимость дорожек на плате.



### 3.2. Загрузка шаблонов в KiCad

Запустите редактор печатных плат программы [KiCad](#). На панели инструментов нажмите кнопку добавки фонового изображения . Откроется окно выбора файла, в котором можно выбрать и загрузить изображение практически любого типа. После загрузки первого изображения будет предложено загрузить следующее и т. д., пока не будет нажата клавиша Esc. KiCad автоматически устанавливает правильный размер фонового изображения, в соответствии с тем размером, который был установлен в графическом редакторе.

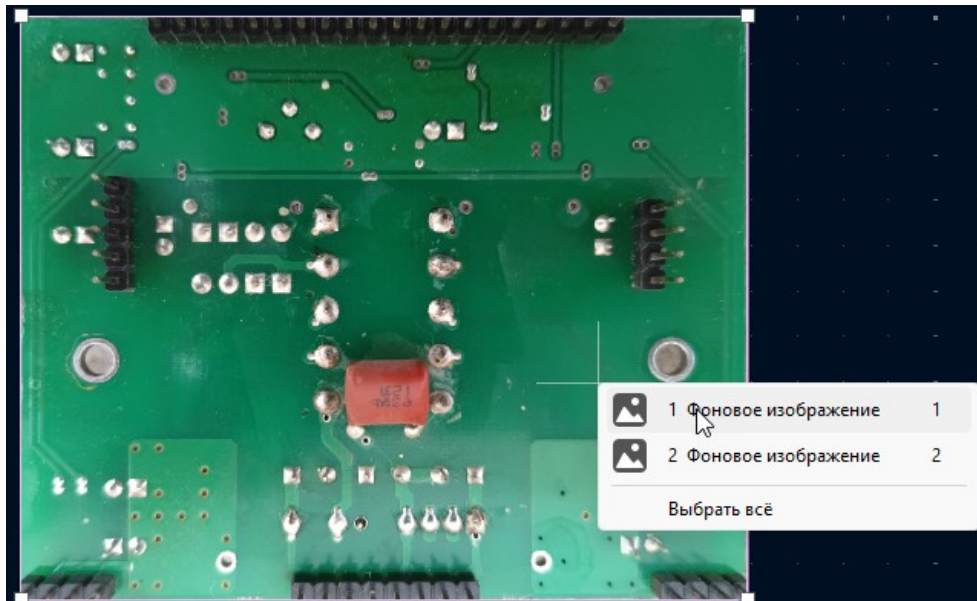


Рис. 15. Выбор активного фонового изображения платы.

Чтобы выбрать нужное фоновое изображение, щелкните по фону (рис.15).