

УДК 681.2

Опыт применения лазерных технологий при создании прототипов радиоэлектронной аппаратуры

Поленов Дмитрий Юрьевич^(*)

polenov@bmstu.ru

SPIN-код: 1191-7623

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи, Россия

Аннотация. Приведены особенности и результаты применения лазерных технологий при прототипировании, макетировании составных частей изделий радиоэлектронной аппаратуры — печатных плат и корпусов. В качестве примера рассмотрено создание электронного прибора — «мигалки». Для создания прибора разработана схема электрическая принципиальная, спроектирована плата. Изготовление платы произведено с помощью лазерной резки. Корпус изделия выполнен из фанеры. Лицевая панель, боковые и задняя стенки прибора вырезаны также с использованием лазерного станка с ЧПУ.

Ключевые слова: лазерная резка, гравировка, станок с ЧПУ, печатная плата, корпус для радиоэлектронной аппаратуры, прототипирование

Experience of using laser technologies in creating prototypes of electronic equipment

Polenov Dmitriy Yur'yevich^(*)

polenov@bmstu.ru

SPIN-code: 1191-7623

BMSTU (MB), Mytisch, Russia

Abstract. The features and results of using laser technologies in prototyping components of electronic equipment products — printed circuit boards and housings — are presented. As an example, the creation of an electronic device “blinker”. To create the device, an electrical circuit diagram was developed, and a board was designed. The board was manufactured using laser cutting. The product housing is made of plywood. The front panel, side and rear walls of the device are also cut using a CNC laser machine.

Keywords: laser cutting, engraving, CNC machine, printed circuit board, housing for electronic equipment, prototyping

Введение. При создании новых изделий очень важен этап прототипирования составных частей, узлов изделия [1]. Это напрямую влияет на скорость и результат выполнения опытно-конструкторских работ — важно на начальном этапе смоделировать, отработать свежие схмотехнические и программные решения, убедиться в их работоспособности, избежать ошибки. Так, создание печатной платы (ПП) устройства возможно как с помощью использования профессионального оборудования, так и в лабораторных условиях — на рабочем месте инженера. Это касается создания и изготовления корпуса изде-

лия — можно фрезеровать корпус на механическом оборудовании в цехе металлообработки с использованием станков с ЧПУ, а можно быстро изготовить корпус из пластика, применив 3D-принтер. Таким образом, прототипирование изделий РЭА можно применить для двух технологических процессов — изготовления ПП и корпуса изделия [2, 3].

Материалы и методы. Процесс изготовления ПП состоит из комплекса работ по созданию схемы электрической принципиальной изделия, библиотек УГО элементов и их посадочных мест, трассировки и изготовлению ПП.

Рассмотрим прототипирование ПП на базе применения лазерных технологий при создании защитного рисунка ПП при химическом травлении ПП. В качестве опытного образца устройства, на базе которого были проведены работы прототипирования, выбрана «мигалка». Ядром устройства является микроконтроллер Attiny13a, осветительными элементами являются семь светодиодов с токоограничивающими резисторами, для управления ими в схеме предусмотрен сдвиговый регистр 74НС595, электрическое «питание» изделия осуществляется от трех батареек типа ААА. Схема электрическая принципиальная изделия приведена на рис. 1. Расположение компонентов, их посадочные места и трассировка ПП представлены на рис. 2.

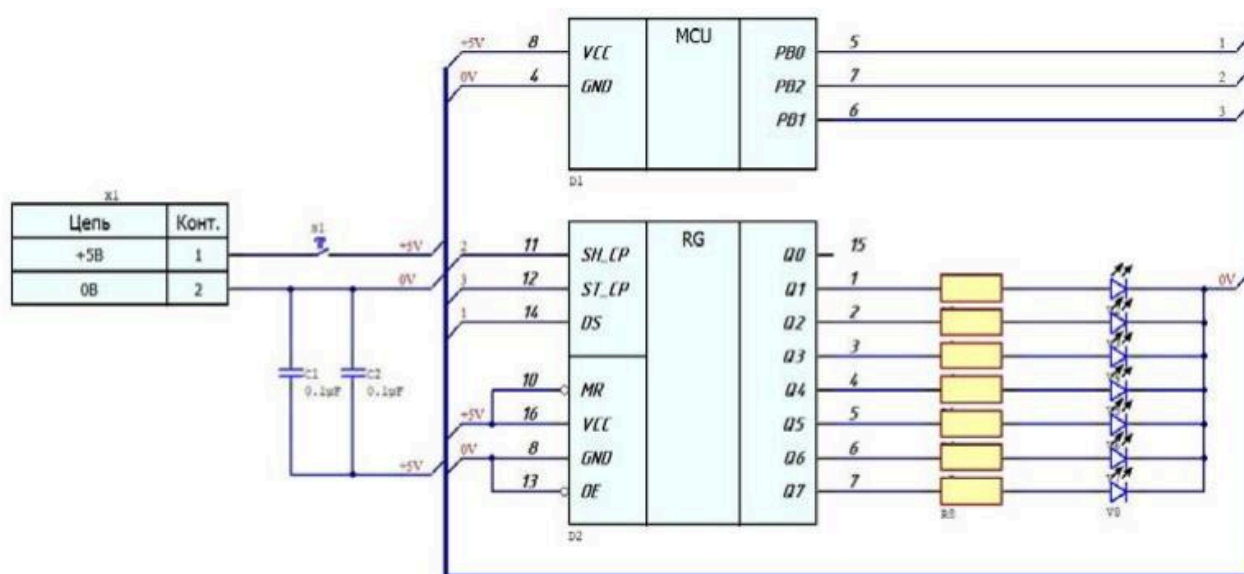
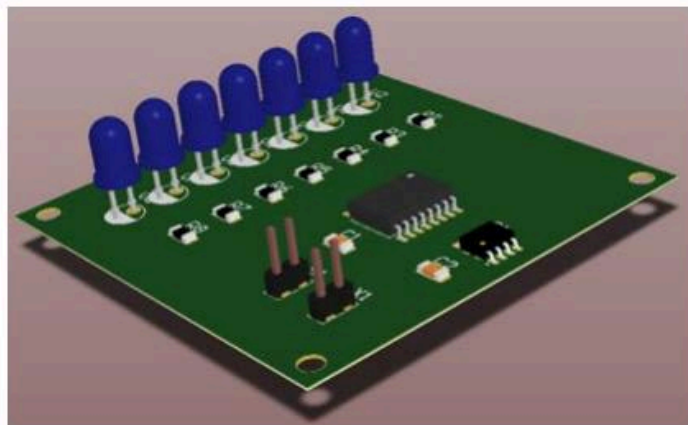
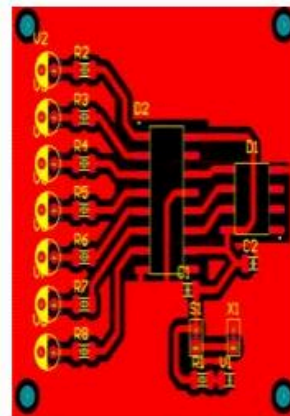


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

Необходимо перенести получившуюся трассировку ПП — ее токопроводящий рисунок на основание ПП, на которое наклеена тонкая медная фольга. В данном случае это сделано с помощью покраски основания ПП эмалью (созданный защитный слой ПП) и дальнейшей лазерной гравировкой мест отсутствия металлизации в проводящем рисунке. Что вскрыет защиту медной фольги в тех местах, где проводников не должно быть — медь в этих местах растворится в химическом составе травления.



а



б

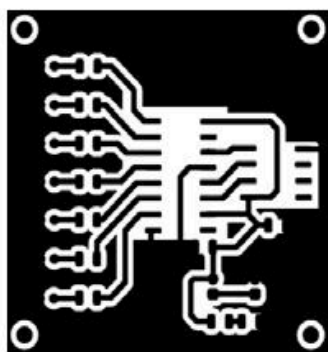
Рис. 2. Печатная плата изделия:

а — 3D-модель с расположенными компонентами; б — трассировка ПП

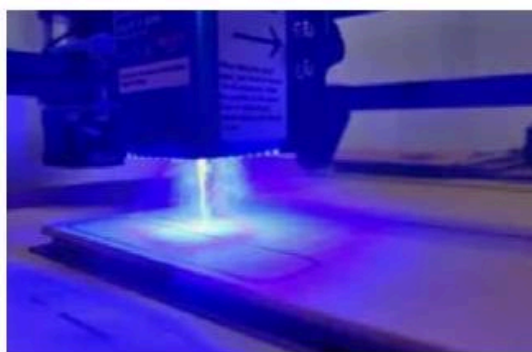
Данный способ обладает рядом преимуществ:

- вероятность удаления защитного слоя ПП в местах травления достигает 100 %;
- длительность процесса в сравнении с любительской «лазерно-утюжной технологией» минимум в 2 раза меньше.

Для переноса получившегося изображения трассировки ПП в управляющий модуль лазерного станка, необходимо представить изображение в формате jpeg или bmp. На рис. 3, а представлено изображение трассировки в формате для лазерного станка. Фрагмент работы станка с ЧПУ представлен на рис. 3, б. Получившаяся ПП с местами вытравливания меди представлена на рис. 3, в.



а



б



в

Рис. 3. Процесс и результаты изготовления ПП:

а — готовый рисунок для лазерного станка; б — фрагмент работы лазерного станка;
в — получившаяся заготовка после травления

Основные настройки лазерного станка и получившиеся временные отрезки изготовления ПП 1-2 класса точности, размером 58×58 мм:

- скорость станка: 2000 мм/мин;

– мощность лазера: 60 % (максимальная мощность применяемого станка 80 Вт);

– длительность изготовления вышеуказанной ПП: 50 минут (подготовка, обезжиривание поверхности основания ПП — 3 мин., нанесение эмали на поверхность основания ПП — 1 мин., сушка — 15 мин., удаления защитного слоя ПП с помощью лазерного станка — 30 мин., снятие эмали — 1 мин.).

Основные преимущества лазерной гравировки при изготовлении ПП — высокое качество и скорость изготовления ПП.

Прототипирование корпуса изделий РЭА можно осуществить с помощью общеизвестной 3D-печати. Данная технология обладает рядом преимуществ и недостатков. Однако в качестве альтернативы 3D-печати в ряде случаев можно воспользоваться лазерными технологиями, а именно — лазерной резкой с использованием станка с ЧПУ. При этом основным материалом корпуса станет фанера толщиной от 1 до 6 мм. Основными преимуществами предлагаемого способа являются:

- высокая скорость изготовления корпусных частей прототипа;
- качественная и быстрая гравировка сложных изображений, логотипа изделия.

На рис. 4, *а* представлен чертеж составных частей корпуса изделия, на рис. 4, *б* — изготовленные составные части корпуса с помощью лазерного станка с ЧПУ.

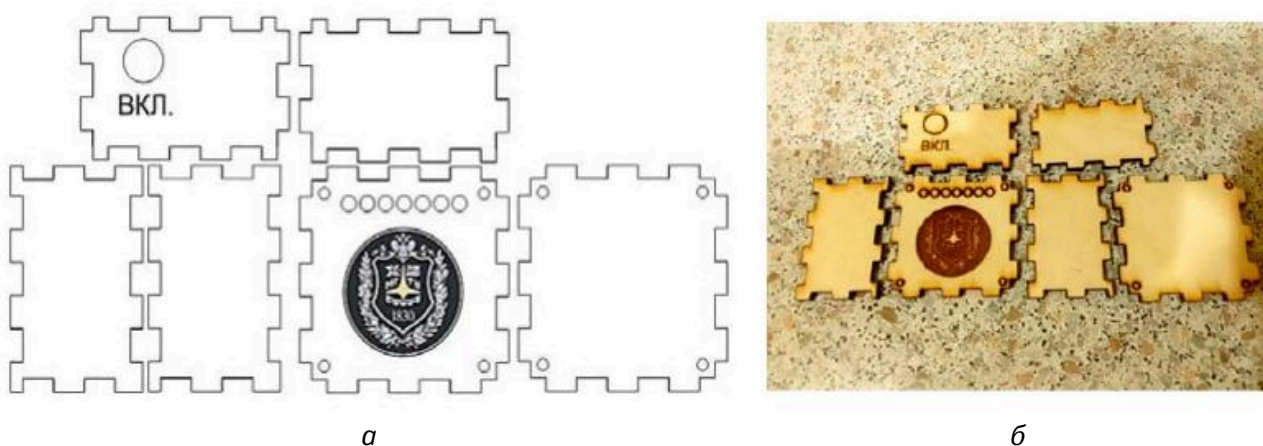


Рис. 4. Составные части корпуса:

а — чертеж частей; *б* — изготовленные панели на лазерном станке с ЧПУ

Результаты. В процессе прототипирования устройства «мигалка» было выполнено создание печатной платы и корпусных частей изделия. Результаты создания ПП и ее последующий монтаж показан на рис. 5, *а*, плата с электронными компонентами, установленная в корпус, представлен на рис. 5, *б*; готовое изделие с собранными частями корпуса представлено на рис. 5, *в*.

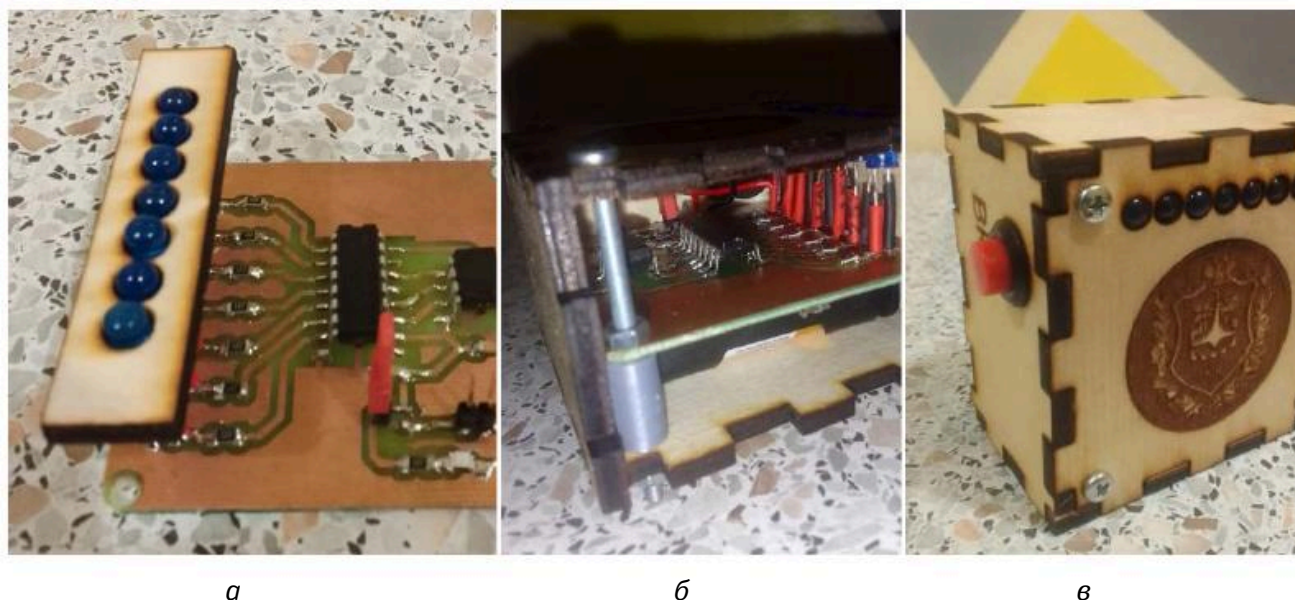


Рис. 5. Созданный прототип устройства «мигалка»:

а — изготовленная ПП с установленными электронными компонентами; *б* — установленная ПП в корпус; *в* — готовое устройство

Заключение. В процессе работы представлены результаты прототипирования отдельных компонентов устройств РЭА: печатной платы и корпуса изделия. Основой процесса является применение лазерных технологий с использованием лазерного станка с ЧПУ. Данный станок был применен для вскрытия защитного слоя ПП при проведении операции химического травления ПП и для резки корпусных частей изделия — лицевой и задней панелей, боковых сторон. В результате создан прибор «мигалка», проведен его монтаж, программирование и сборка. Применяемые технологии могут найти применение в рамках образовательного процесса, лабораторных работ студентов, проектной деятельности школьников, т. к. позволяют осуществить быстрое получение и оценку результата без сложного технологического оборудования.

Список источников

- [1] Поленов Д.Ю., Дорошенко А.В. Применение элементов микроэлектроники в автоматизированных системах управления техническими объектами. *Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы-2019. Всерос. науч.-практ. конф.: сб. материалов*. Москва, МГСУ, 2019, с. 424–427.
- [2] Гоменюк А.Р. Изготовление печатной платы в условиях университета для создания регулятора освещения помещения. *Студенческая научная весна. Всерос. студ. конф., посв. 170-летию В.Г. Шухова: сб. тез.* Москва, Научная библиотека, 2023, с. 353–354.
- [3] Оголихин А.Д. Автоматизированное проектирование и изготовление печатных плат. *Дни студенческой науки. Науч.-техн. конф. по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ: сб. докл.* Москва, МГСУ, 2020, с. 47–50.