

УДК 004.3

## ПРИМЕНЕНИЕ ЧПУ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАКАЗНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

**Захарченко К. С., Достлев Ю. С.**

Донецкий национальный технический университет,  
кафедра компьютерной инженерии

E-mail: [zakharchenko.kostya@gmail.com](mailto:zakharchenko.kostya@gmail.com)

### **Аннотация:**

**Захарченко К. С., Достлев Ю. С. Применение ЧПУ для изготовления заказных печатных плат.** В статье проведен анализ основных способов производства печатных плат (ПП) в ориентации на рациональность их применения в условиях одиночного или мелкосерийного производства. Обоснован подход к производству малогабаритных плат как рациональных для участков – лабораторий на этапе проектирования и исследования при проектировании новых радиотехнических или вычислительных устройств. Предложен вариант конструктивного решения для устройства нанесения рисунка на базе специализированного двухкоординатного графопостроителя.

**Ключевые слова:** шаговый привод, число-программное управление, контроллер, печатная плата.

### **Annotation:**

**Zakharchenko K.S., Dostlev Yu.S. The use of CNC for the manufacture of custom printed circuit boards.** The article analyzes the main methods of production of printed circuit boards (PCB) in the orientation on the rationality of their use in single or small-scale production. The approach to the production of small boards as rational for sites - laboratories at the design stage and research in the design of new radio or computing devices has been substantiated. A variant of a constructive solution for the device for drawing a picture on the basis of a specialized two-coordinate plotter has been proposed.

**Keywords:** stepper drive, number-program control, controller, printed circuit board.

### **Введение**

В настоящее время в большинстве случаев для монтажа радиотехнических устройств и блоков вычислительной техники конструктивно используется печатный монтаж с минимальным числом длинны проводников. Для использования поверхностного монтажа на базе СИМД элементов, к печатным платам предъявляются повышенные требования по точности, но при этом в ряде случаев удается сократить число слоев ПП до односторонней или двухсторонней. При проектировании таких печатных плат большое значение имеет возможность оперативного изготовления опытных экземпляров плат для проведения исследований и настройки схем с обеспечением возможности их получения в лабораторных условиях с минимальными затратами.

Таким образом, актуальной задачей является создание устройств, позволяющих решать эти вопросы. Данная работа посвящена разработке устройства нанесения рисунка на заготовки ПП в лабораторных условиях.

### **Анализ методов производства заготовок печатных плат**

Применяемые в настоящее время методы изготовления печатных плат (ПП) можно объединить в три группы [1].

Субтрактивные, или химические, методы предполагают получение рисунка проводников за счет удаления участков фольги с пробельных мест в основном химическим способом – травлением. Внутри группы методы подразделяются по способу нанесения защитного рисунка: на фотохимический, сеточно-химический, офсетно-химический. К этой

группе относится и метод механического гравирования - удаление фольги между проводниками торцевой фрезой малого диаметра на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Недостатком этих методов является отсутствие металлизированных отверстий. Применяются они для производства не сложных ОПП.

Аддитивные методы предусматривают нанесение рисунка проводников на диэлектрическое (нефольгированное) основание путем электрохимического осаждения меди и металлизацию отверстий в одном технологическом процессе. К этой группе относятся: собственно аддитивный (или аддитивный химический) метод, в котором проводники и металлизированные отверстия получаются только за счет химического осаждения меди из раствора солей меди (без гальванического наращивания); полуаддитивный (или электрохимический) метод, в котором химическое осаждение тонкого слоя меди проводится на всю поверхность платы, затем на проводниках и в отверстиях слой меди наращивается гальванически, а в конце процесса химически осажденная медь удаляется с пробельных мест травлением.

Отличительной особенностью этих методов является особый вид подготовки поверхности для улучшения адгезии осажденной меди, заключающийся в нанесении на поверхность диэлектрика специальных составов – адгезивов. Адгезив может наноситься на заводе, изготавливающем материал основания ПП. Аддитивные методы дают большую экономию меди и высокую разрешающую способность [1].

Комбинированные методы получаются от сочетания химического и электрохимического методов. Для ПП берут фольгированное с двух сторон основание, рисунок проводников получают травлением фольги, а монтажные и переходные отверстия металлизуются электрохимическим методом.

Комбинированные методы бывают двух видов: негативный и позитивный, которые отличаются друг от друга порядком выполнения операций. Наибольшее распространение получил комбинированный позитивный метод с применением сухих пленочных фоторезисторов.

Каждый из приведенных методов имеет свои достоинства и недостатки и может быть эффективно применен в конкретных условиях производства.

#### **Выбор и обоснование класса точности печатной платы**

По точности изготовления элементов печатного монтажа ПП делят на 5 классов. Наименьшие номинальные значения основных размеров элементов конструкции ПП в зависимости от классов точности приведены ниже в ГОСТ 23751-86 (таблица 1).

Таблица 1— Основные параметры и размеры ПП [2]

Класс точности	Минимальная ширина проводника, мм	Расстояние между краями соседних элементов, мм	Гарантийный пояс, мм	$\gamma^*$
1	0.75	0.75	0.3	0.4
2	0.45	0.45	0.2	0.4
3	0.25	0.25	0.1	0.33
4	0.15	0.15	0.05	0.25
5	0.1	0.1	0.025	0.2

\* $\gamma$  — отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине ПП.

Платы 1-го и 2-го классов характеризуются простотой исполнения, низкой стоимостью, высокой надежностью, но имеют большие габариты. ПП 3-го класса —

наиболее распространенные, поскольку обеспечивают достаточно высокую плотность трассировки и монтажа, а также для их производства требуется рядовое оборудование. ПП 4-го класса выпускаются на высокоточном оборудовании, но требования к материалам, оборудованию и помещениям ниже, чем для пятого класса.

Изготовление ПП 5-го класса требует применения уникального высокоточного оборудования, дорогих материалов, безусадочной фотопленки и даже создания в производственных помещениях «чистой зоны» с термостатированием. Но ПП небольшого размера могут выполняться по пятому классу на оборудовании, обеспечивающем получение плат четвертого класса [2].

#### **Анализ способов подготовки к субтрактивному производству ПП**

Стандартный графопостроитель имеет большие габариты рабочей области, но для опытного производства это не требуется. Основной недостаток – сложность позиционировать фольгированную заготовку на плоскости графопостроителя без вмешательства в конструкцию графопостроителя, а это в большинстве случаев будет приводить к нарушению возможности в дальнейшем использовать его как стандартный плоттер.

Специализированное устройство рационально проектировать для оперативной подготовки ПП опытных радиотехнических устройств или вычислительных блоков специализированных систем контроля и управления, имеющих небольшие габариты. Это позволит при проектировании, отладке и настройке использовать модульный подход, то есть отдельные функциональные узлы конструктивно размещать на отдельных ПП. В процессе исследований, доработок и настройки такие выделенные конструктивно– функциональные модули легко заменять, не изменяя общей конструкции проектируемого устройства.

Разрабатываемое устройство должно иметь достаточно малые габариты, обладать высокой надежностью работы. Для реализации определенного класса точности изготовления ПП следует применять пишущее устройство с толщиной пера достаточной для нанесения проводников минимальной ширины. Изменяя толщину пера пишущего устройства можно обеспечить настройку точности изготовления рисунка проводников ПП и обеспечить гибкость в выборе класса.

#### **Конструктивные особенности устройства получения рисунка**

Основные требования к созданию устройства нанесения рисунков проводников на поверхность заготовок для химического или электрохимического производства ПП:

- максимальное использование готовых конструктивных узлов;
- возможность формирования общей конструкции в лабораторных условиях;
- параметры устройства по точности нанесения рисунка должны удовлетворять выбранному классу точности;
- возможность получения позитивных и негативных рисунков проводников проектируемых ПП;
- обеспечение возможности повторного нанесения рисунка с позиционированием над ранее полученным изображением ПП.

Все эти требования может обеспечить устройство, в виде двухкоординатного компьютерно-управляемого графопостроителя со специальной конструкцией крепления заготовок и использованием различных рисующих приспособлений.

Согласно требованию максимально использовать готовые конструктивные узлы, двигатели для устройства будут взяты от не актуальных на сегодня приводов CD-ROM (рис.1).



Рисунок 1 – Шаговый двигатель CD-ROM

В качестве контроллера для устройства выбрана плата Arduino UNO. Arduino UNO - самый распространенный вариант контроллеров от Arduino, он выполнен на микроконтроллере ATmega328p [3]. Его характеристик будет достаточно для проектируемой системы. Управление двигателями будет осуществляться через драйвер шаговых двигателей модели A4988. Подключить драйвер к плате Arduino Uno поможет плата-расширитель CNC Shield v3 (рис.2).

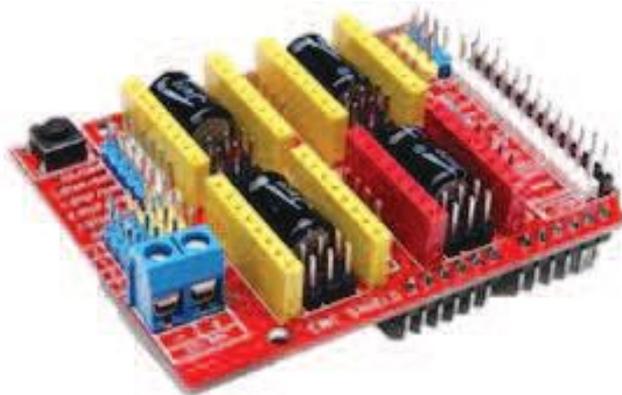


Рисунок 2 – Arduino CNC Shield v3

Данная плата предоставляет собой интерфейс для подключения драйвера A4988 к плате Arduino.

#### **Выводы**

Обоснован подход к производству малогабаритных плат как рациональных для участков – лабораторий на этапе проектирования и исследования при проектировании новых радиотехнических или вычислительных устройств. Предложен вариант конструктивного решения для устройства нанесения рисунка на базе специализированного двухкоординатного графопостроителя.

#### **Литература**

1. Методы изготовления печатных плат. [Электронный ресурс]. – URL: <https://pcbdesigner.ru/pcb/sposobi-izgotovleniya-pechatnih-plat/metody-izgotovleniya-pechatnyx-plat.html>
2. ГОСТ 23751-86. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lamsystems-lto.ru/files/pdf/gost-23751.pdf>
3. Джерими Блум: Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. Пер. с англ. - СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 336 с.