

МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОТОТИПОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА СТАНКАХ ЧПУ

С.И. Колесников, Д.М. Эрденов
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭСиС, группа 5А4Б

В процессе разработки и исследования электронных устройств микропроцессорной и силовой техники один из самых дорогих этапов является создание качественной печатной платы электронного устройства. Большинство небольших научно-исследовательских лабораторий не могут позволить себе иметь оборудование для производства печатных плат, поскольку стоимость этого оборудования обычно выше 10 млн. руб. К тому же, этап производства печатной платы, сборки устройства и его тестирования, как правило, вынуждено повторяется вследствие неизбежных ошибок при разработке. Даже при незначительном изменении топологии печатной платы разработчикам необходимо нести затраты на несколько дорогостоящих фотошаблонов при контрактном изготовлении печатной платы на стороннем производстве. Однако существуют альтернативные методы изготовления единичных экземпляров печатных плат в лабораторных условиях. К таковым можно отнести методы лазерно-утюжной технологии (ЛУТ) достаточно подробно представленные в интернет изданиях [1]. Но все же, ЛУТ изготовления требует навыков, свойственных больше профессиональным, чем научным работникам. Более оправданным методом прототипирования печатных плат является их изготовление на станке с ЧПУ, так как даже промышленный образец станка можно приобрести по цене ниже 100 тыс. руб. При этом существуют открытые разработки [2] студенческих бюро ведущих мировых университетов, которые доступны на интернет ресурсах, где, следуя инструкциям можно в лабораторных условиях создать подобный станок с ЧПУ. В данной работе представлены результаты исследования методологии и эксперимента по созданию прототипа печатной платы на станке с ЧПУ.

Постановка задачи. Основным требованием при выборе методов использования станка с ЧПУ для изготовления печатных плат принято обеспечение совместимости с производственным процессом серийной контрактной сборки. Для обеспечения совместимости достаточно обеспечить идентичное изготовление приняв в качестве исходных данных, так называемые *GERBER*-файлы топологии проводников и правил сверления отверстий. Это связано с тем, что самое популярное программное обеспечение разработки печатных плат, в конечном итоге, предоставляет именно этот формат файлов для производства. Результатом решения задачи предполагается набор файлов с *G*-кодами [3] для станка с ЧПУ и пошаговая инструкция изготовления печатной платы.

Из множества программных инструментов, позволяющих сформировать *G*-коды, были выбраны два решения, распространяемых бесплатно на основании *GPL* лицензии. Первое решение построено на базе надстройки [4] к известному научным кругам векторному графическому редактору *InkScape* [5]. Этот метод позволяет на всех этапах формирования топологии проводников вносить

технологические изменения, что непременно дает гибкость и универсальность метода. Однако, его использование требует хороших навыков работы в векторных графических редакторах и преобразования графического материала их *GERBER*-формата.

Более продуктивным найден второй метод формирования *G*-кодов с помощью программы *FlatCam* [6] в которой собран весь необходимый инструментарий для формирования *G*-кодов как для фрезерования топологии проводников, так и выполнения операций сверления в автоматическом режиме. На рис. 1, показан интерфейс программы, где, после введения параметров, необходимых для однозначного определения *G*-кодов, достаточно просто можно получить все необходимые технологические файлы для работы станка с ЧПУ.

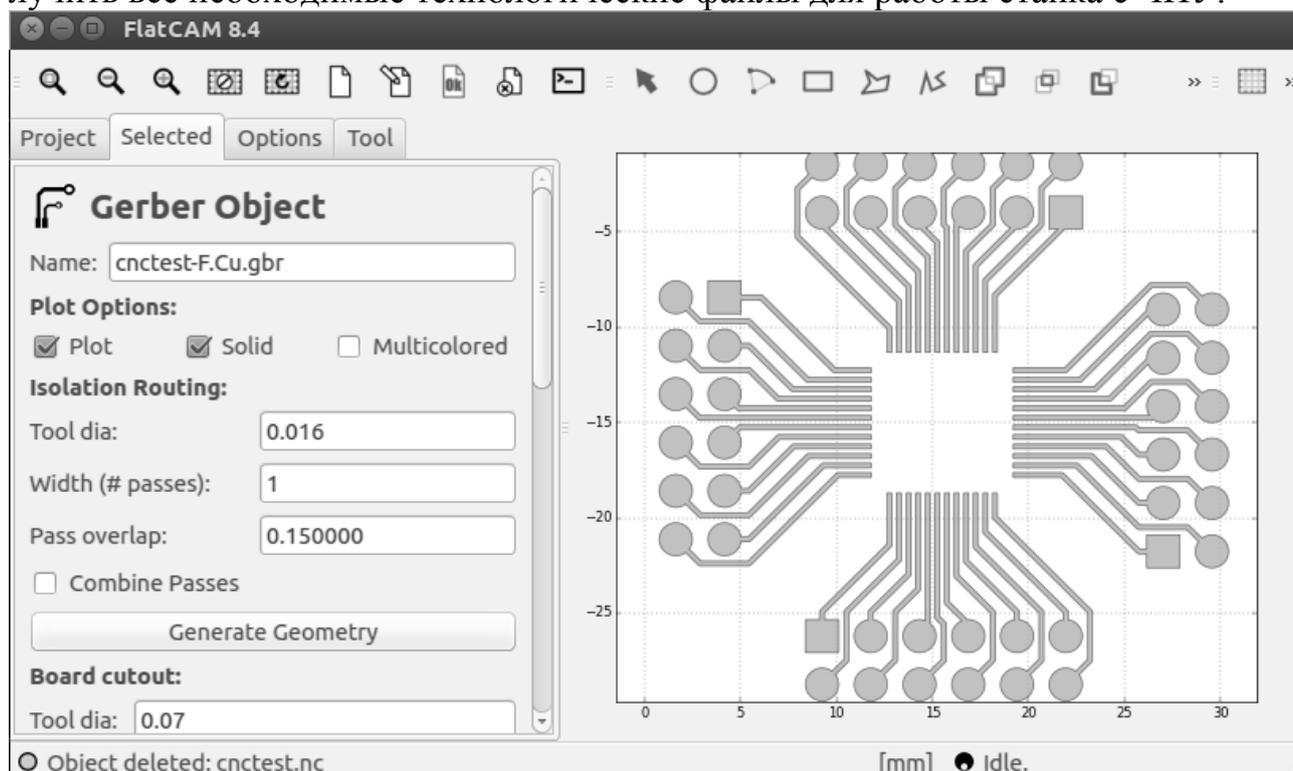


Рис. 1. Интерфейс программы *FlatCam*

Проект печатной платы был разработан среде *KiCad* [7], можно использовать другие средства разработки, где результатом стал набор *Geber* файлов. Далее эти файлы следует открыть в программе *FlatCam*, где необходимо казать диаметр фрезы и реперную точку (другими словами – точка опоры, начало локальной системы координат). Далее на следующем этапе формирования рисунков необходимо визуально проверить соответствие движения фрезы, обеспечивающее топологию. Этот этап весьма важный, поскольку при достаточно больших диаметрах фрезы и малых размерах элементов топологии печатной платы некоторые проходы фрезы могут стать невозможными. На рис. 2 представлен фрагмент, где фрезерование невозможно из-за большого диаметра фрезы.

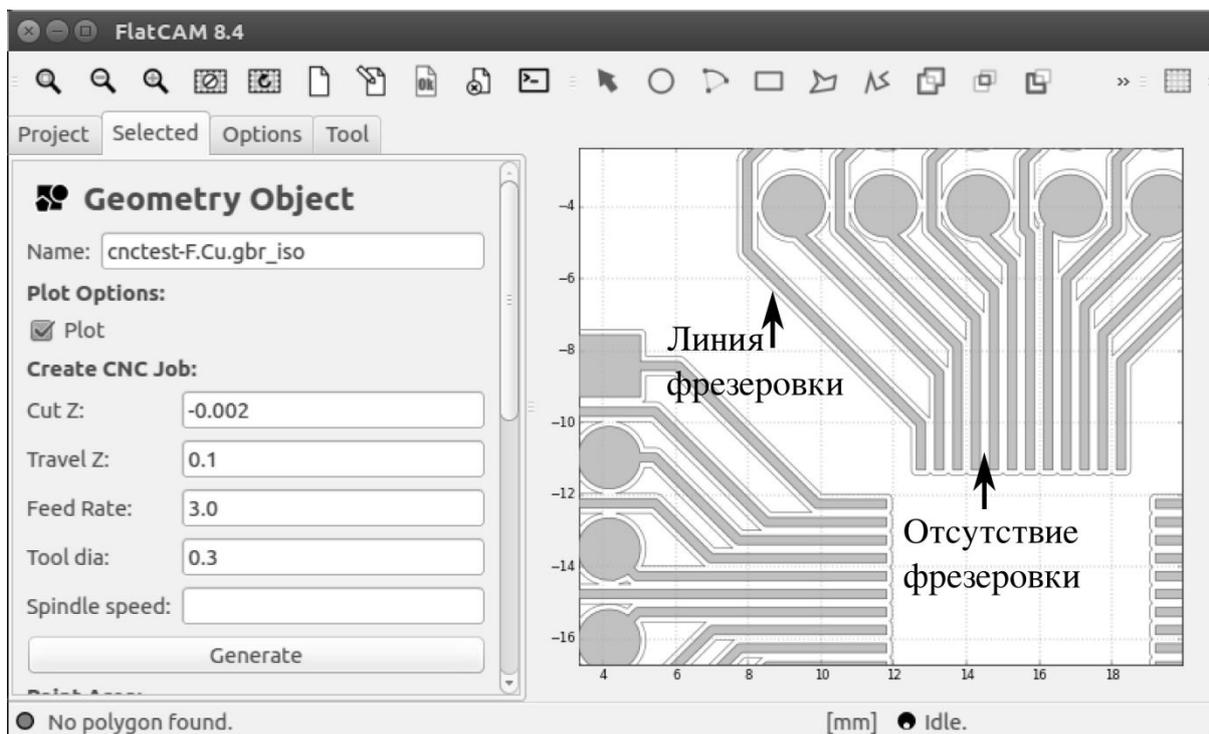


Рис. 2. Пример топологии, где фрезерование невозможно

Качество изготовления печатной платы в значительной степени зависит от точности позиционирования станка и увеличения диаметра биения шпинделя. При выполнении эксперимента использовался станок с шагом 6...7 микрон по всем осям X, Y, Z, однако конструкция и элементы станка на разных усилиях могла обеспечить точность позиционирования 30...60 мкм. При отсутствии качественного шпинделя точность фрезерования может превысить и 100 мкм, поэтому вместо фрезерования использовалась более дешевая технология скрабирования топологии печатной платы, где можно обеспечить точность изготовления порядка 60 мкм. С такой точностью уже можно использовать микросхемы формата *LQFP-64* с шагом между проводниками 500 мкм. На рис.3. представлена фотография работы станка с ЧПУ.

В результате использование станка с ЧПУ для изготовления единичных прототипов печатных плат позволяет сократить время изготовления до нескольких часов в сравнении с временем изготовления при контрактной сборке (1...2 недели). Стоимость изготовления при наличии станка включает только стоимость фольгированного текстолита и небольшой временной ресурс разработчика, необходимы на формирование G-кодов и позиционирование станка, что значительно ниже стоимости контрактной сборки. К недостатку метода можно отнести ограничение на размер элементов топологии проводников при использовании некоторых микросхем в корпусах серии *LQFP*.

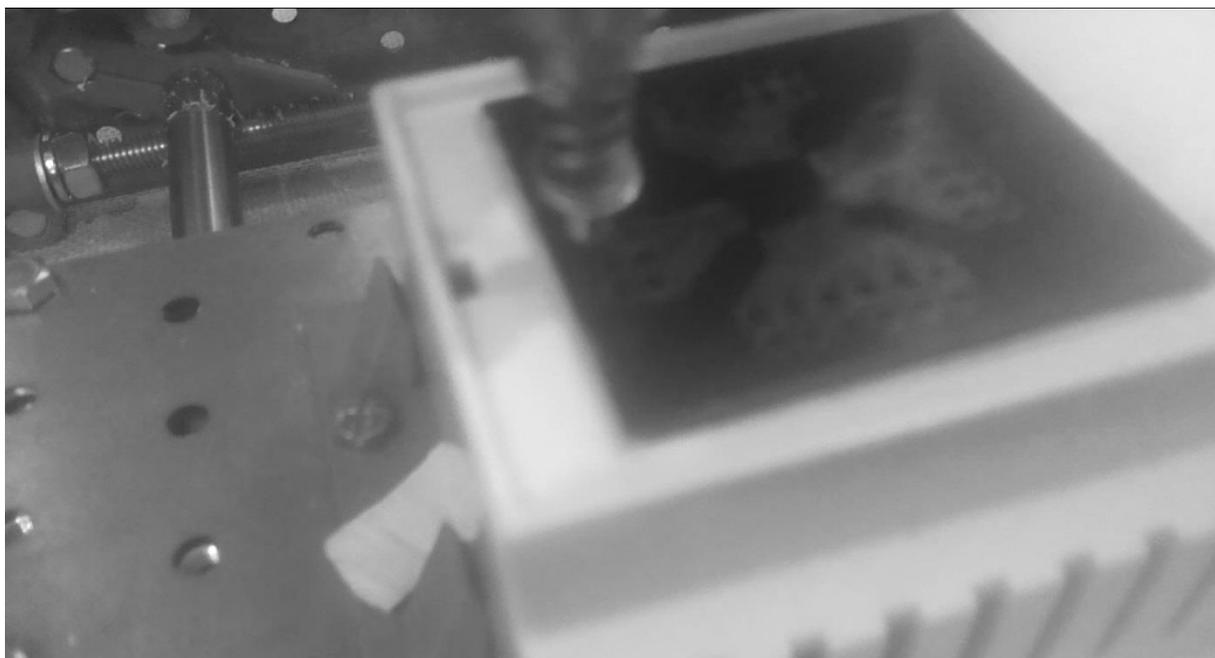


Рис. 3. Иллюстрация работы станка при изготовлении печатной платы скрабированием

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сигаев А. Технология изготовления печатных плат // Схемотехника.- октябрь 2000 .- N1.- С. 47-49.
2. Newsletter. 3D printed CNC mill [электронный ресурс] // <http://www.instructables.com/id/3D-printed-CNC-mill/> (дата обращения: 20.06.16).
3. CNCCookbook. CODE COURSE:G-CODE BASICS. CNCCookbook Inc., v11, 2015. - 114 р. [электронный ресурс] // <http://www.cnccookbook.com/img/CNCCookbook/eBooks/CNCCookbook/GCodeCourse.pdf> (дата обращения: 20.06.16)
4. Software Freedom Conservancy. Inkscape is professional quality vector graphics software [электронный ресурс] // <https://inkscape.org/en/> (дата обращения 20.06.16)
5. Команда разработчиков Gcodetools. CAM расширение для Inkscape: Gcodetools. [электронный ресурс] // <http://www.cnc-club.ru/forum/viewtopic.php?t=34> (дата обращения: 20.06.16)
6. FlatCAM: Free and Open-source PCB CAM [электронный ресурс] // <http://flatcam.org/> (дата обращения 20.06.16)
7. Canonical Ltd. KiCad EDA. A Cross Platform and Open Source Electronics Design Automation Suite. [электронный ресурс] // <https://launchpad.net/~kicad-developers/> (дата обращения: 20.06.16).

Научный руководитель: А. А. Шилин, д.т.н., профессор, кафедры ЭПЭО ЭНИН ТПУ.