

УДК 67.02, 621.37

**ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА В ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ****А.С. Воробьев, Ю.В. Федосов**

Предложен учебный пример технологического процесса в единой информационной среде на примере создания печатной платы в лаборатории поверхностного монтажа. Рассмотрены теоретические основы и практическая реализация цикла подготовки производства и изготовления изделия. Особое внимание уделено работе с автоматизированным оборудованием.

**Ключевые слова:** технология поверхностного монтажа, обучение, подготовка производства.

**Введение**

В последние годы на фоне развития промышленного производства современной техники особое место занимает бурно развивающийся сектор электронного оборудования. Растет степень интеграции микросхем и микросборок, повышается количество компонентов в изделиях и плотность их упаковки. Вместе с повышением компактности изделий ужесточаются и требования, предъявляемые к ним. В связи с этим ручной монтаж повсеместно заменяется на автоматизированный. В этом процессе важную роль приобретает подготовка компетентных специалистов, способных решать нетривиальные технологические задачи. Преподавание технологии электромонтажа имеет свои особенности. В последнее время технологическое оборудование постоянно усложняется. Вследствие этого учащимся становится все труднее представить себе принципы его работы, особенно, если они раньше не имели опыта общения с таким оборудованием. Из-за увеличения объема производимых операций увеличивается количество необходимых приемов и нюансов практической работы с ним, поэтому студентам приходится изучать все больше и больше его особенностей, которые невозможно описать на лекциях: нужно непосредственно взаимодействовать с оборудованием, чтобы понять, как оно работает.

**Постановка задачи**

Развитие современного образования в России является непрерывным процессом и требует от учащихся и обучающихся новых инновационных подходов к обучению с целью сформировать новые компетенции, отвечающие последним веяниям науки и техники. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики успешно осуществляет ряд стратегических разработок по государственным программам и проектно-конструкторским работам. На кафедре технологии приборостроения (ТПС) введена в эксплуатацию лаборатория поверхностного монтажа изделий электронной техники. На кафедре реализуется модель современного производства, когда разработка и изготовление изделий происходит в единой информационной среде. С целью оптимизации процесса обучения необходимо сформулировать для учащихся конкретное представление о производственно-технологическом процессе электромонтажа.

Удобно рассмотреть в качестве учебного примера создание печатной платы (ПП), спроектированной студентом в рамках учебного процесса по смежной дисциплине, например, конструированию радиоэлектронной аппаратуры.

Рассмотрим ход работы в единой информационной среде, состоящей из программного комплекса Altium Designer (trial-версии) и управляющей программы установки Mechatronika M60, на примере проектирования и изготовления платы для блока подсчета объектов, проходящих через считывающее устройство (рис. 1). Устройство имеет возможность запрограммировать отображение их количества (например, подсчет объектов осуществляется поштучно по 80 штук). Изготовление платы включает в себя заказ и приобретение самой платы, а также компонентов, автоматизированный монтаж компонентов на плату, операции сушки, очистки и проверки изделия. Цель – создание сборки платы.

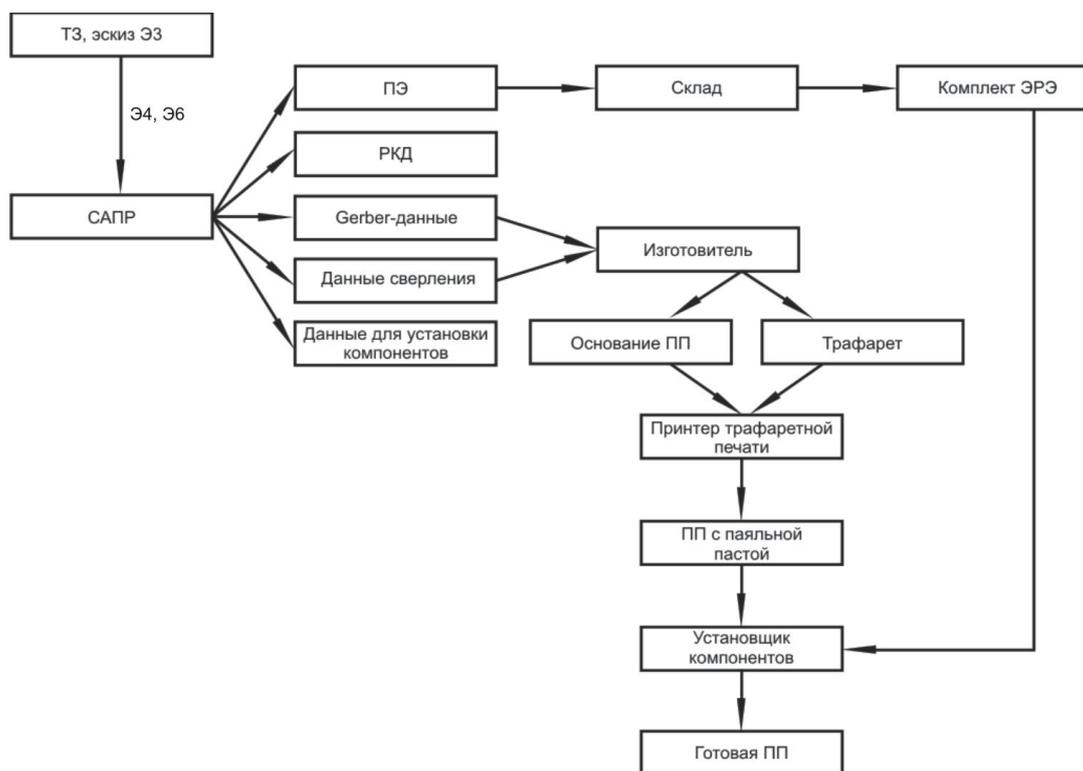


Рис. 1. Алгоритм работы в единой информационной среде: ПП – печатная плата, ПЭ – перечень элементов; РКД – рабочая конструкторская документация; Э3 – схема электрическая принципиальная; Э4 – схема электрическая соединений; Э6 – схема электрическая структурная; ЭРЭ – электрорадиоэлементы

#### Ход работ

Как правило, схема работы состоит в следующем. По заранее написанному техническому заданию осуществляется создание схемы Э6 (рис. 1). Затем определяются отдельные элементы схемы, их функции и назначение. Далее создается эскиз схемы Э4 и подбираются элементы по каталогу. Если необходимые элементы не удается подобрать, то производится редактирование параметров и функций элементов схемы, после чего цикл повторяется. Затем на основе имеющейся схемы соединений создается схема Э3 и заносится в память персонального компьютера (ПК) средствами системы автоматизированного проектирования (САПР). Далее, на основе имеющейся схемы в САПР Э3, конструктор в автоматизированном режиме создает ПП и размещает на ней компоненты схемы. Если какие-либо компоненты отсутствуют в базе данных ПК, их необходимо создать. Трассировка ПП производится либо автоматически, либо в полуавтоматическом режиме. При этом положение компонентов на плате, возможно, корректируется (рис. 2). Далее схема проходит симуляцию с целью проверки ее физических параметров и совместимости компонентов, и, если ее результаты неудовлетворительны, то осуществляется повторный цикл разработки с момента размещения компонентов. Если данные симуляции все равно остаются неудовлетворительными даже после нескольких циклов размещения, то осуществляется повторный подбор компонентов.

Когда данные симуляции удовлетворяют заданным требованиям, происходит подготовка данных для изготовления ПП. В производство передаются данные сверления ПП, данные топологии ПП, данные контактных площадок для нанесения пасты на ПП и данные о положении компонентов ПП для автомата-установщика.

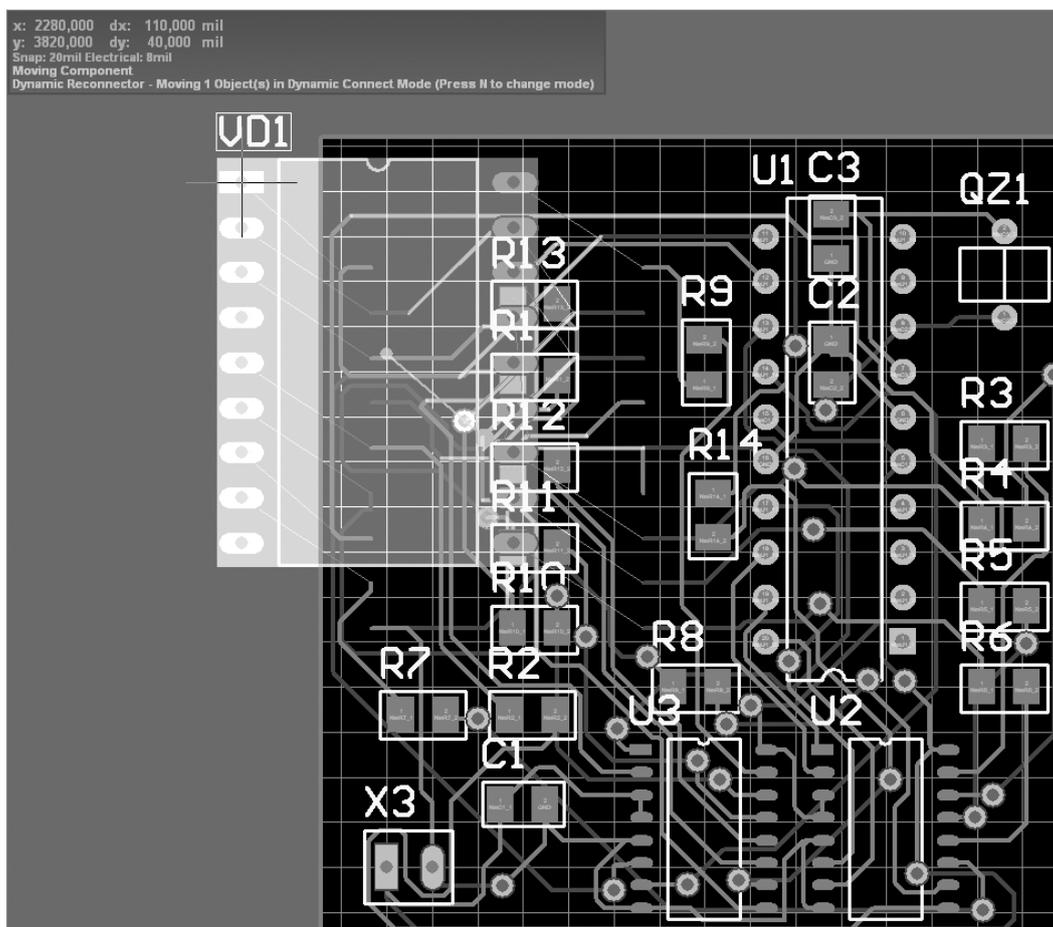


Рис. 2. Пример работы с ПП

Рассмотрим подготовку данных для производства ПП на примере работы лаборатории поверхностного монтажа и компании «Резонит».

### Передача данных в производство

В лаборатории была произведена подготовка технологических данных ПП в САПР Altium Designer согласно технологической инструкции, полученной от предприятия-производителя.

Для подготовки данных топологии и сверления ПП в программе необходимо задать конфигурацию Gerber-файлов [1] (выбрать «File → Fabrication Outputs → Gerber Files»). В закладке «General» необходимо задать единицы измерения и формат вывода Gerber-файлов:

- единицы измерения – миллиметры;
- формат вывода – количество цифр в координатах площадок, линий и т.п. до и после десятичной запятой.

Далее нужно сконфигурировать набор слоев, необходимых для изготовления печатной платы. В закладке «Layers» необходимо выбрать следующие слои:

- TopSolder – верхний слой, формирующий вскрытия в паяльной маске под последующее финишное покрытие контактных площадок и других открытых областей;
- TopLayer – слой топологии на верхней стороне печатной платы;
- BottomLayer – слой топологии на нижней стороне печатной платы;
- BottomSolder – нижний слой, формирующий вскрытия в паяльной маске под последующее финишное покрытие контактных площадок и других открытых областей.

Поле «Include unconnected mid-layer pads» (включая неподключенные площадки на внутренних слоях) для производства ПП следует оставить заполненным. Закладка «Drill Drawing» пропускается, так как на производстве сверление выполняется на станках с ЧПУ, и в картах нет необходимости.

В закладке «Apertures» необходимо поставить галочку в поле «Embedded apertures (RS274X)».

В результате список используемых апертур (набор примитивов) для формирования рисунка печатной платы будет располагаться в начале каждого Gerber-файла.

Далее появляется поле с готовой трассировкой топологии ПП в выбранных слоях. Для сохранения результатов необходимо выбрать «File → Export → Gerber». Должен быть отмечен пункт «RS-274X» [2, 3]. Для формирования файла с программой сверления выбрать «File → Fabrication Outputs → NC Drill

Files». Здесь необходимо задать единицы измерения (миллиметры) и формат вывода (количество цифр в координатах отверстий до и после десятичной запятой). Если в качестве единиц измерения выбраны миллиметры, то для сетки 1 мкм применим формат вывода 4:3; для сетки 0,1 мкм – 4:4; в остальных случаях достаточно выбрать формат 4:2. Остальные параметры можно оставить без изменений.

Для сохранения результатов необходимо выбрать «File → Export → Save Drill → Select layer».

В результате проделанной работы в папке проекта сформируются все необходимые файлы для производства печатной платы и файлы отчетов (Name.EXTREP – отчет о наборе Gerber-файлов, Name.DRR – отчет о программе сверления).

После подтверждения производителем полноты и достоверности данных проекта был заполнен бланк заказ-наряда, в котором указаны необходимые файлы и параметры ПП. В заказ-наряде был обговорен ряд пунктов технологического процесса (золочение, металлизация отверстий, маска, обработка контура ПП), а также характеристики слоев, включенных в проект. Далее был запрошен векторный рисунок верхнего слоя ПП для проверки масштаба фотошаблона со стороны заказчика. После сверки масштаба был подтвержден запуск ПП в производство.

После изготовления основания ПП на нее устанавливаются компоненты схемы. Для установки компонентов на ПП необходимо передать информацию по компонентам на станок. Рассмотрим ход трансляции данных на примере станка Mechatronica M60. Чтобы передать в его память координаты компонентов, нужно:

- в САПР Altium Designer выбрать пункт File, затем «Assembly outputs → Generates pick and place files». Отметить пункт «CSV», затем нажать ОК;
- в основном окне управляющей программы станка Mechatronica M60 создать новый файл и определить координаты платы («Pcb Position → Set → Teach In → значок перекрестия») [4]. Далее измеряется высота платы относительно вакуумного захвата («Surface → Measure → значок перекрестия → ОК»). Затем задаются реперные точки «First Fiducal → Train → значок перекрестия → ОК. Second Fiducal → Train → значок перекрестия → ОК». После этого тестируется качество определения реперных точек «First Fiducal → Test → ОК. Second Fiducal → Test → ОК».

Далее определяются положения компонентов в питателях («Set pickup position → ОК → Teach in → ОК») и измеряются высоты компонентов относительно вакуумного захвата («Set pickup height → ОК → Measure → ОК») (таблица).

O15	O14	O13	O12
Res 1,5 K	0,68 μF	15 pF	

Таблица. Отображение типов используемых компонентов в окне программы установщика

Задав типоразмер захватываемого компонента на строчке питателя (пункт «Load component»), нужно выбрать компонент из библиотеки. Если данный компонент в библиотеке отсутствует, то следует выбрать похожий на него и изменить его параметры по щелчку правой кнопки мыши. Для задания координат расстановки компонентов на вкладке «Program» в «Parts placement» нужно выбрать пункт «Import Protel CSV». Компоненты расставляются в автоматическом режиме («Package assignment» → «Assign package → выбрать типоразмер → «Get PCB offset»). На любом этапе работы можно изменить компоненты (Feeders → «Change components») или расположение компонентов в питателях («Edit»).



Рис. 3. Работа на автоматизированном оборудовании

Нанесение пасты на ПП производится посредством специального трафаретного принтера. Для работы с заданной ПП принтеру требуется трафарет, созданный для этой ПП. В случае с рассматриваемым примером трафарет был создан по субподряду. Для получения данных о контактных площадках по пункту меню «Fabrication outputs → Gerber files» на вкладке «Layers» был выбран слой разработанной ПП «Top Solder». После этого осуществляется сборка ПП на автоматизированном оборудовании (рис. 3).

Для завершения сборки необходимо оплавление паяльной пасты в конвекционной печи, промывка в ультразвуковой ванне и визуальный контроль качества пайки на стереоувеличителе. Эти операции являются типовыми и не привязаны к конкретному оборудованию.

#### **Заключение**

В результате проделанной работы был сформулирован подробный алгоритм формирования сборки печатной платы, предназначенный для обучения навыкам печатного монтажа и позволяющий полностью осознать данный технологический процесс. Подобная схема построения технологического процесса в единой информационной среде на примере создания печатной платы в лаборатории поверхностного монтажа является наглядным примером работы в единой информационной среде. Тщательный подбор примеров позволяет ускорить и упростить ввод исходных данных, что очень важно для процесса обучения. Технология микропроцессорных изделий очень быстро меняется, каждый месяц появляется новое оборудование, новые материалы и технологии. Все сведения о технологии, рассказанные студентам, могут измениться, когда студенты получают дипломы и приступят к работе. В связи с этим для решения технологических задач очень важно умение работать с автоматизированным оборудованием и использовать информационную среду.

#### **Литература**

1. Указания по подготовке данных из САПР в Gerber-формате: официальный сайт компании «Резонит» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rezonit.ru/urgent/howto/>, свободный. Яз. рус. (дата обращения – 30.11.2011).
2. Сабунин А.Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 432 с.
3. Суходольский В.Ю. Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах в САПР Altium Designer 6. Ч. 1, 2: Учебное пособие. – СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. – 148 с.
4. Инструкция к станку. Установщик компонентов МЕСНАТРОНИКА. – М50/60. – СПб: ЗАО НПФ «Диполь», 2006.

**Воробьев Анатолий Сергеевич** – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, студент, [anatoliy.vorobyev@gmail.com](mailto:anatoliy.vorobyev@gmail.com)  
**Федосов Юрий Валерьевич** – ЗАО «МНС», аспирант, [yf01@yandex.ru](mailto:yf01@yandex.ru)