

# Типовой интегрированный маршрут проектирования 3D-принтера в отечественном PLM-комплексе

Дмитрий Ворунчев (РТУ МИРЭА)

МИРЭА – Российский технологический университет сегодня – это современный и динамично развивающийся университет. Так, по итогам приёмной кампании 2023 года, по версии Минобрнауки России, РТУ МИРЭА – самый популярный столичный вуз: на первый курс было зачислено более 10,5 тыс. студентов. МИРЭА занимает первое место в Центральном федеральном округе по количеству поданных заявлений и третье место по России.

## 3D-принтер как изделие для отработки методики проектирования

Институт радиоэлектроники и информатики – учебно-научное структурное подразделение Университета, отвечающее за подготовку кадров для радиоэлектронной промышленности. В апреле 2022 года при вузе совместно с индустриальными партнёрами – раз-

работчиками инженерного программного обеспечения АСКОН и ЭРЕМЕКС был открыт Центр коллективного проектирования «Элемент».

Основной фокус внимания в ЦКП «Элемент» направлен на разработку типового интегрированного маршрута проектирования, с тем чтобы тиражировать его для разных образовательных направлений, поэтапно внедряя в

междисциплинарную подготовку будущих радиоинженеров.

В самом начале перед нами встал вопрос, на примере какого устройства приступить к разработке типового учебного маршрута проектирования. Можно было бы ограничиться подготовкой хороших методик, но как заинтересовать студентов? В итоге выбор пал на фотополимерный 3D-принтер. Его конструкция включает как механическую, так и электрическую части, есть задачи по его сборке и программированию. Электронная часть, сформированная на печатных платах, содержит программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС), микроконтроллеры, прошивки. Иными словами, в работе над 3D-принтером можно всесто-

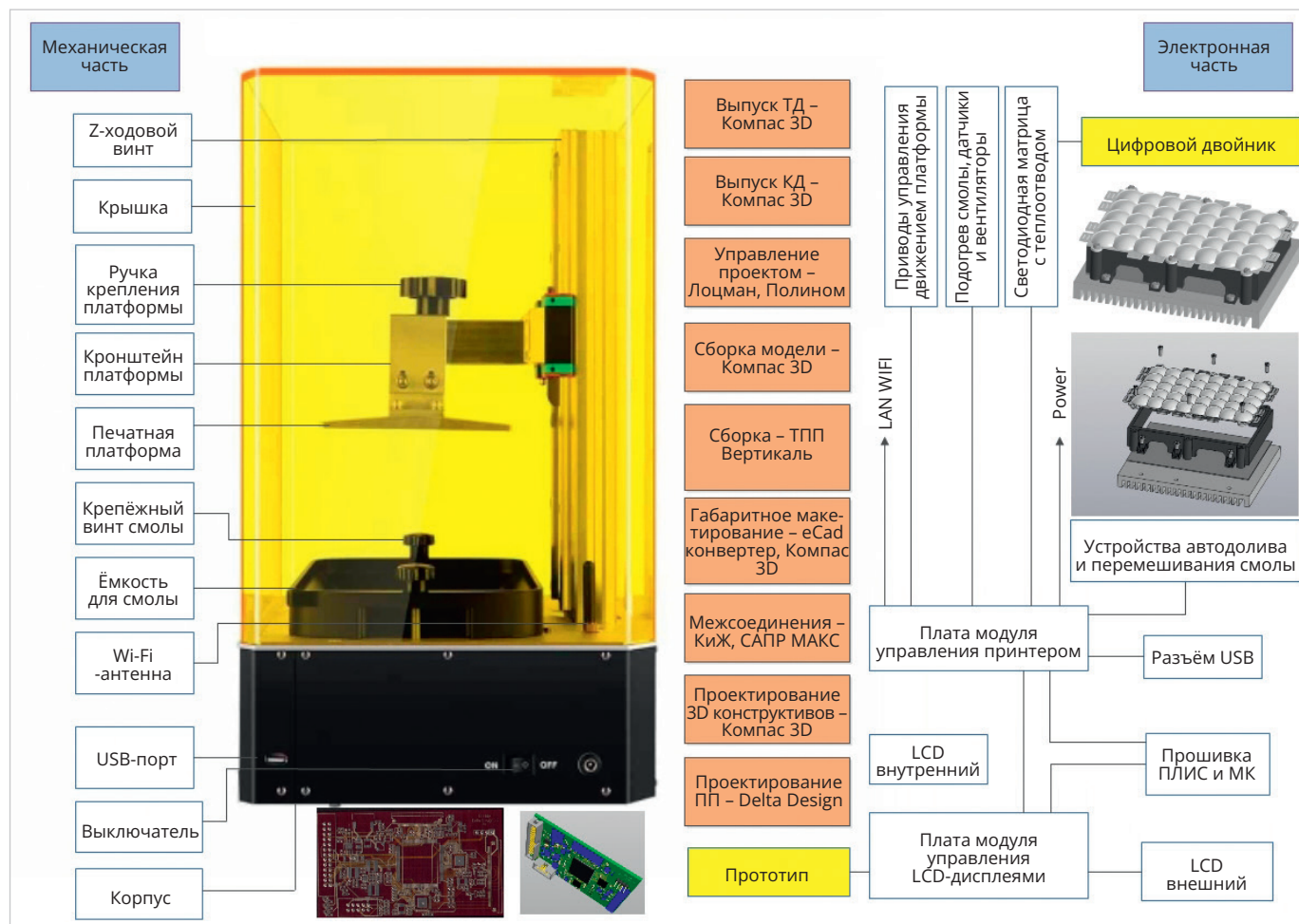


Рис. 1. Структурная схема типового фотополимерного 3D-принтера

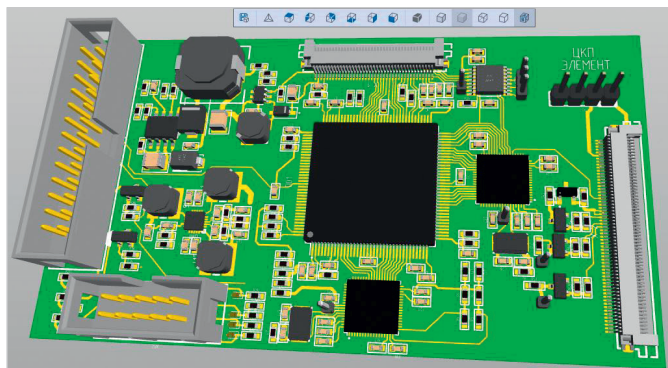


Рис. 2. 3D-модель печатной платы

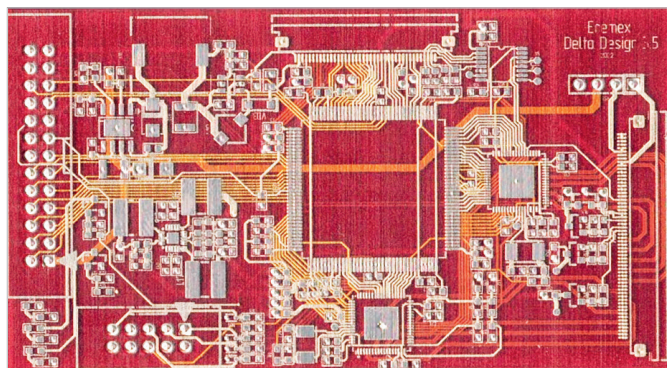


Рис. 3. Прототип печатной платы

ронне задействовать отечественные ИТ-решения для инженеров.

На рис. 1 представлен конструктив 3D-принтера и электронная часть с многослойной печатной платой управления LCD-дисплеем. Плата имеет 14 слоёв и проектировалась в системе Delta Design. Механическая часть была выполнена в САПР КОМПАС-3D, кабельная часть – в приложении «Кабели и жгуты» для КОМПАС-3D.

### Цифровые инструменты проектирования

Типовой маршрут проектирования будет охватывать следующие стадии жизненного цикла изделия: проектирование, конструкторскую подготовку производства и технологическую подготовку производства. Кроме уже упомянутых САПР-решений в разработке задействованы ЛОЦМАН: PLM как система управления жизненным циклом изделия, ПОЛИНОМ: MDM для управления нормативно-справочной информацией, САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ для технологической подготовки, выпуска маршрутных и операционных карт.

Поскольку речь идёт об электронной части изделия, ключевое место отводится EDA-продукту: мы используем Delta Design для проектирования печатных плат в связке с КОМПАС-3D, где создаётся конструкция. Данные из одной системы в другую передаются через конвертор eCAD – КОМПАС либо стандартными средствами конвертации. Для внеблочных соединений применяется КОМПАС-3D и «Кабели и жгуты».

К набору используемых инструментов планируем добавить САПР «Макс» для разработки электрических соединений и модуль DeltaCAM, программный продукт для технологов в области производства печатных плат, разработкой которого сейчас занимается ком-

пания ЭРЕМЕКС. В текущих планах также расширение визуализации разработок и имеющихся моделей средствами VR Concept.

### Типовой маршрут проектирования: реализация и методическое обеспечение

При разработке методологии мы раз-

- Уровень 1. Печатные платы
- Уровень 2. Блоки и модули
- Уровень 3. Системы и комплексы

Текущая готовность маршрута, по нашей оценке, составляет 30%. Закрыт первый уровень – проектирование печатных плат. В Delta Design полностью спроектирована ключевая 14-слойная плата управления LCD-дисплеем. По печатной плате выпустили методическую базу (учебные пособия, методики), позволяющую охватить цикл конструкторско-технологического проектирования средствами Delta Design. Подготовили и внедрили в учебный процесс пособие по созданию 3D-моделей компонентов в КОМПАС (рис. 2) и их подключению в Delta Design к проекту платы на свои посадочные места.

Послойная топология многослойной печатной платы позволяет перейти к технологической подготовке производства, которую мы прорабатываем как следующий этап развития и доработки типового маршрута. За основу взят типовый технологический процесс изготовления печатных плат одного из контрактных производителей электроники.

Наша лабораторная база позволяет прототипировать многослойные печатные платы при помощи технологии 3D-печати наночернилами. Спроектированную в Delta Design плату мы напечатали вместе со всеми межслойными переходами, сквозными и глухи-

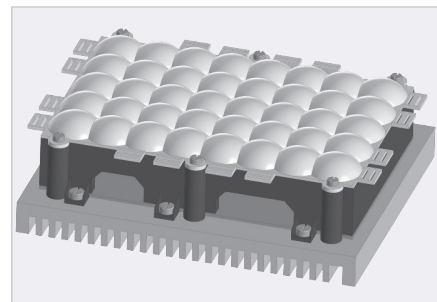


Рис. 4. Модель светодиодной матрицы

ми отверстиями, сложными конструкциями (рис. 3).

Далее планируем подбор оборудования, проработку нормо-часов и ввод всех данных в ПОЛИНОМ: MDM. При помощи САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ будет разработан технологический процесс изготовления и монтажа многослойной печатной платы. Но этого недостаточно, поскольку есть потребность в САМ-системах. Поэтому планируем на уровень 1 добавить модуль Delta CAM. Для этого изучаем, как встроить его в типовый маршрут.

Для уровня блоков и модулей спроектировали в КОМПАС светодиодную матрицу (рис. 4). Для третьего уровня сделали проработку и прорисовку принтера (рис. 5). Сейчас ведём работу над типовым маршрутом по покрытию межблочных соединений в приложении «Кабели и жгуты» и применению ВЕРТИКАЛЬ в технологической подготовке производства.

В результате мы должны прийти к параметризованной модели со всеми сборочными единицами 3D-принтера, включая электронную и механическую части. Сегодня уже готов маршрут проектирования корпуса и основных составных узлов.

### Применение аддитивных технологий

Помимо отечественного инженерного программного обеспечения, для

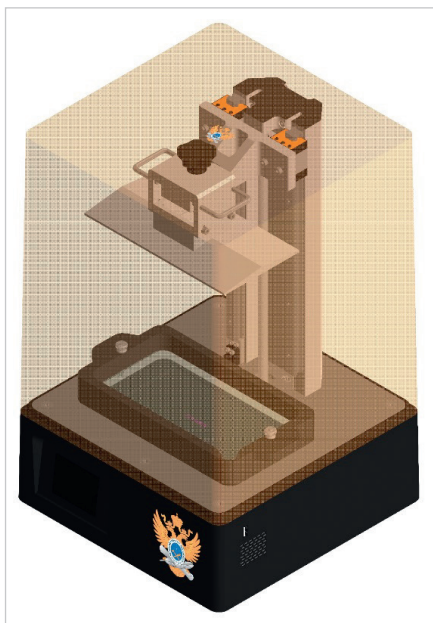


Рис. 5. Модель 3D-принтера

подготовки студентов, тем более радиоинженеров, важно обеспечить и хорошую материальную базу. В Институте радиоэлектроники и информатики МИРЭА – Российского технологического университета сформирован дизайн-центр с опытным производством, которое охватывает этапы прототипирования, настройки и регулировки радиоэлектронной аппаратуры, испытания, контроля, сборки и монтажа, электромагнитной совместимости – всё, что нужно, чтобы изделие появилось физически «в железе».

Мы активно используем аддитивные технологии в прототипировании. 3D-принтер многослойных печатных плат позволяет по технологии АМЕ (Additive Manufacturing Electronics) за несколько часов по gerber-файлам распечатать наночернилами и получить первые прототипы, которые можно будет смонтировать, далее сделать по ним ревью, внести исправления в конструкторскую документацию и выпустить новую версию.

Используется также линия для изготовления деталей конструктива 3D-MID (3D molded interconnected device – формирование трёхмерных схем на пластиковой основе) для создания проводящей топологии на объёмном пластиковом основании. Для детали любой сложной геометрии, спроектированной в КОМПАС-3D и напечатанной на 3D-принтере, можно получить проводящую структуру, топологию – не в плоских компоновках печатных плат, а в объёме. Этот конструктив затем встраивается в изделие. Мы планируем применять данную технологию в том числе в конструкции 3D-принтера и в типовом маршруте проектирования.

Третья технология – гибкие гибридные электронные схемы (Flexible Hybrid Electronics). В нашей лаборатории есть 3D-принтер, который может напечатать электронную часть на гибких носителях. Пока это делается экс-

периментально, о серии речи не идёт, но эту технологию мы тоже собираемся встроить в типовой маршрут проектирования.

Мы стараемся дать студентам не только классическую базу, но и перспективные технологии, то, что появится на производстве в ближайшие годы.

### Заключение

Разработка типового сквозного маршрута проектирования отечественными решениями решает, несомненно, задачи учебные, но опыт работы показал, что имеющиеся сегодня инструменты позволяют покрыть большинство задач по разработке радиоэлектронных устройств на этапах жизненного цикла. Остаются ещё некоторые области, не охваченные отечественными продуктами, тут мы формируем свои пожелания, которые конструктивно принимаются и обсуждаются с компаниями, входящими в консорциум «РазВИ-Тие». Сегодня важно и перспективно давать ИТ-компетенции именно в отечественных системах и обучать работе на них студентов. Такие навыки всё более востребованы на предприятиях, а наличие навыков работы с отечественным программным обеспечением часто становится конкурентным преимуществом молодых специалистов.

## НОВОСТИ МИРА

### Корейские ученые создали робота-гуманоида, способного пилотировать самолет

Pibot – так называется разработанный сотрудниками Корейского института KAIST робот-гуманоид, способный пилотировать современный реактивный самолет. При этом вносить какие-то изменения в архитектуру кабины не требуется.

Рост робота – 150 см. Во время полета Pibot уверенно контролирует бортовые приборы и поддерживает высоту даже в сложных метеоусловиях. Чтобы не углубляться в чтение полётных инструкций, робот просто запоминает их, используя языковые модели. В результате это позволяет ему реагировать на чрезвычайные ситуации быстрее штатного пилота.

Робот-гуманоид в кабине, по сути, – альтернатива дистанционно управляемому БПЛА. Как известно, когда пилот пересаживается с одного типа самолета на другой, ему



приходится основательно переучиваться. В случае с Pibot для этого достаточно нажатия кнопки: робот-пилот просто переключится на нужный режим.

В качестве обучающих программ робота исследователи используют методику работы с чат-ботами, в частности с ChatGPT.

В настоящее время они разрабатывают собственную LLM-модель для Pibot. Конечная цель – научить его работать в экстремальных условиях, недоступных человеку. В планах разработчиков определить Pibot на службу в BBC к 2026 году.

techcult.ru