

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКСПОРТА МОДЕЛЕЙ СВЧ-КОМПОНЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ API САПР KEYSIGHT ADS

Боровкова В.Д. (ТУСУР)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Горяинов А.Е. (ТУСУР)

**Введение.** В настоящее время беспроводные устройства получили широкое распространение, а их проектирование — сложный и дорогостоящий процесс, который невозможен без применения САПР. Одной из таких систем является Keysight ADS [1]. Существуют различные технологии изготовления радиоэлектронных устройств, отличающиеся по материалу, технологической норме, процессу и другим факторам. [2] Подходы к производству разнятся от одного предприятия-изготовителя к другому.

В процессе проектирования необходимо учитывать особенности целевого техпроцесса, которые заложены в математические модели компонентной базы. Модель СВЧ-компонента в первую очередь описывает зависимость параметров рассеяния от частоты входного сигнала, а также хранит условно-графическое обозначение (УГО) для использования в САПР, и 2.5D-топологию.

Модели каждого техпроцесса объединяются в библиотеки, или так называемые PDK [3]. В разных САПР PDK имеют собственный защищенный закрытый формат, не позволяющий получить информацию о моделях извне. Это обязывает предприятия-изготовители разрабатывать несколько версий PDK одного технологического процесса под разные САПР, что требует значительных ресурсов. Так, сборка и отладка одного PDK под САПР может занимать недели работы опытного специалиста, даже при наличии всей необходимой информации о моделях устройств.

В компании 50ohm Technologies ведется разработка программы структурного автоматизированного синтеза СВЧ-устройств Circuit Studio [4]. Её ключевая особенность — способность самостоятельно подбирать схемное решение устройства в соответствии с заданными требованиями. Синтез выполняется с использованием моделей целевого техпроцесса. Для возможности использования моделей из сторонней САПР без необходимости создания отдельного PDK разрабатывается программа PDK Bridge ADS. Несмотря на то, что PDK сторонних САПР закрыты, доступ к информации о моделях можно получить через их API. Таким образом, задача программы - получить информацию о математических моделях СВЧ-компонентов из PDK через API САПР.

В данной работе описывается реализация экспорта моделей СВЧ-компонентов с использованием API САПР Keysight ADS.

### Основная часть.

PDK Bridge ADS извлекает информацию о загруженном PDK из проекта САПР, включая список элементов, их параметры и графическое отображение. Программа формирует перечень схем и предоставляет данные об элементах выбранной схемы, а также поддерживает моделирование отдельных компонентов и схем. Все данные сохраняются в формате pdk (PDK Twin) — наборе табличных моделей с параметрами рассеяния и шумовыми характеристиками, используемом для синтеза СВЧ-устройств.

Табличная математическая модель представляет результаты моделирования элемента в САПР в виде таблицы с ключевыми параметрами и их зависимостью от различных факторов, например, S- или X-параметров на дискретных частотах. При экспорте данных создаётся дубликат модели, описывающий поведение элемента и его графическое отображение. Такая модель может использоваться в других САПР или модулях для анализа и синтеза. Количество полученных моделей зависит от сложности элемента и условий моделирования. Например, экспорт данных для небольшого проекта с одним активным компонентом может включать около трехсот таблиц, отражающих характеристики компонента в различных условиях.

Интерфейс PDK Bridge ADS организован в виде вкладок для различных типов элементов: PDK Elements, SWT Schematics, CS Schematics и EDA Elements. Панель поиска

позволяет находить компоненты по имени и количеству портов. Левый блок отображает список доступных элементов, правый блок содержит выбранные элементы и их параметры, а в нижней части расположены кнопки управления, такие как настройка частот, загрузка ключевого файла и сохранение моделей.

Описание действий пользователя при работе с программой PDK Bridge ADS:

1. подключение к проекту ADS с заранее добавленным PDK;
2. фильтрация компонентов по названию или количеству портов;
3. выбор компонентов, которые будут добавлены в PDK Twin;
4. настройка параметров выбранных компонентов;
5. определение диапазона частот для построения табличных моделей всех выбранных компонентов;
6. сохранение дубликата библиотеки элементов с учетом внесенных изменений.

PDK Bridge ADS является клиент-серверным приложением, где клиентская часть функционирует со стороны программы PDK Bridge, а серверная отвечает за прямое взаимодействие с API ADS.

Клиентская часть, разработанная на C#, отправляет HTTP-запросы к серверу, обрабатывает и отображает полученные данные, а также уведомляет пользователя об ошибках. Для обмена данными используется формат JSON, обеспечивающий удобное представление информации о компонентах и схемах.

Серверная часть, написанная на языке Python с использованием фреймворка FastAPI [5], обрабатывает команды клиента в JSON-формате, взаимодействует с ADS через API, выполняет моделирование и отправляет полученные результаты клиенту.

Были спроектированы диаграмма классов клиента, отвечающих за отправку запросов на сервер, и диаграмма пакетов серверной части программы [6].

Тестирование программного обеспечения проводилось путем верификации на тестовом PDK в САПР. Установлено, что результаты моделирования экспортированных моделей совпадают с результатами, полученными непосредственно в САПР, что подтверждает корректность работы разработанного ПО. Таким образом, файлы PDK Twin могут быть использованы в Circuit Studio для задач синтеза.

**Заключение.** В результате работы была реализована версия программы PDK Bridge ADS, предназначенная для экспорта табличных моделей СВЧ-компонентов из САПР Keysight ADS для дальнейшего использования в Circuit Studio.

#### **Список использованных источников:**

1. Официальный сайт Keysight ADS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.keysight.com/us/en/products/software/pathwave-design-software/pathwave-advanced-design-system.html>, свободный (дата обращения: 28.01.2025).
2. Inder J. Bahl. Fundamentals of RF and Microwave Transistor Amplifiers. – John Wiley & Sons, Inc, 2009. – 678 с.
3. Photonic Integrated Circuit Design in a Foundry+Fabless Ecosystem / M.U. Khan, Y. Xing, Y. Ye, W. Bogaerts / IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. – Sep. 2019. – Vol. 25, No. 5. – P. 1–14 с.
4. Применение генетического алгоритма в задаче синтеза линейных интегральных СВЧ-усилителей с распределенным усилением / А.Е. Горяинов, Т.Н. Файль, Ю.А. Новичкова, А.А. Калентьев, А.С. Сальников // Матер. XVI Междунар. науч.-практ. конф. «ЭССУ»: в 2 ч. – Томск: В-Спектр, 2020. – Ч. 1. – С. 64–67.
5. Официальный сайт FastAPI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fastapi.tiangolo.com>, свободный (дата обращения: 28.01.2025).
6. Модификация программы экспорта табличных моделей элементов PDK Bridge для взаимодействия со сторонней САПР / В.Д. Боровкова, К.А. Ларионов, А.А. Зуевич //

Региональная научно-практическая конференция «Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения», Томск, 2024 – с. 255-258.