

## МОДИФИКАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЕЭМБЕДДИНГА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ СВЧ-КОМПОНЕНТОВ

Зуевич А.А. (ТУСУР)

Научные руководители – кандидат технических наук, доцент Горяинов А.Е. (ТУСУР),  
кандидат технических наук, доцент Калентьев А.А. (ТУСУР)

**Введение.** В современном мире СВЧ монолитные интегральные схемы (СВЧ МИС) используются во всех сферах человеческой жизни - в радиоэлектронных системах передачи данных, в том числе высокоскоростных, спутниковой и мобильной связи, радиолокации, радионавигации, радиоастрономии и др [1]. Проектирование беспроводных устройств, или СВЧ-устройств, – это сложный и дорогостоящий процесс, в ходе разработки необходимо проводить частые измерения частотных характеристик устройств и их отдельных компонентов. Измерение характеристик СВЧ МИС выполняется непосредственно на полупроводниковой пластине (подложке), из-за чего результат измерения компонента СВЧ МИС искажается наличием в нём паразитных характеристик (результатов измерения контактных площадок или подводящих линий). Деэмбеддинг – это процесс, позволяющий расчётным способом исключить паразитные характеристики из результатов измерения СВЧ-компонента [2].

Ранее разработан программный модуль Deembedding, входящий в состав 50ohm Technologies DataViewer [3], автоматизирующий пакетную обработку результатов измерений СВЧ-компонентов с использованием различных методик деэмбеддинга. Модуль реализован на стеке Windows Forms и NET Framework 4.5. Устаревший стек становится причиной жёсткой привязки к конкретной операционной системе (Windows) и отсутствия возможности использовать при необходимости актуальные версии сторонних библиотек. Для исправления перечисленных недостатков принято решение о модернизации программы на Avalonia [3] и NET 6.0. В данной работе описано модернизированное приложение для проведения деэмбеддинга результатов СВЧ-измерений.

**Основная часть.** В модернизированном приложении для проведения деэмбеддинга результатов СВЧ-измерений Deembedding Desktop пользователь может загрузить файлы измерений СВЧ-компонента, выбрать необходимую методику, загрузить шаблоны деэмбеддинга для соответствующей методики, запустить процесс деэмбеддинга и выбрать директорию для сохранения результата.

Пользовательский интерфейс приложения представляет собой окно, в левой части которого находится панель методики деэмбеддинга, в правой – панель для загрузки файлов измерений СВЧ-компонентов. Панель методики позволяет выбрать методику и загрузить файлы измерений соответствующих методике шаблонов деэмбеддинга. Панель для загрузки файлов измерений отображает загруженные в проект файлы и их текущее количество, а также позволяет пользователю добавлять новые файлы, удалять ненужные.

В приложении Deembedding Desktop в качестве архитектурного паттерна выбран паттерн MVVM (Model–View–ViewModel) [4]; модельная логика взята из разработанного ранее программного модуля Deembedding. Помимо библиотек с модельной логикой деэмбеддинга из программного модуля Deembedding, приложение Deembedding Desktop использует другие сторонние библиотеки, например, Avalonia.Xaml.Interactions.DragAndDrop для реализации механики Drag-and-drop, Community.Mvvm.Toolkit для реализации паттерна Model-View-ViewModel и т.д.

В приложении проверяется корректность файлов измерений и файлов измерений шаблонов деэмбеддинга; для этого используются методы модельных классов из разработанного ранее программного модуля Deembedding. Методы считывают данные из файла и возвращают строку с сообщением об ошибке (если файлы некорректны) или пустую строку. Строка хранится в свойстве, со значением которого с помощью механизма привязки

данных (Data Binding) [5] связана видимость элементов пользовательского интерфейса, отвечающих за графическое обозначение ошибки (иконки, всплывающие подсказки). Конвертация строкового значения в логическое осуществляется с помощью встроенного конвертера `StringConverters.IsNotNullOrEmpty`.

Для расширяемости новыми методиками в приложении реализован интерфейс `DeembeddingMethodVMBase`, представляющий собой базовый класс модели представления панели методики деэмбеддинга и описывающий методы валидации файлов и запуска процедуры деэмбеддинга. Чтобы добавить в программу возможность работы с новой методикой деэмбеддинга, необходимо создать класс модели представления данной методики на уровне `ViewModel`, а также панель для загрузки файлов шаблонов деэмбеддинга на уровне `View`.

**Выводы.** В результате работы разработана модернизированная версия модуля 50ohm Technologies Deembedding Desktop, работающая как самостоятельное приложение. Программа реализована на стеке Avalonia и NET 6.0, предоставляет возможность расширения новыми методиками деэмбеддинга. Также проведено тестирование разработанного ПО – результаты проведения деэмбеддинга в модернизированной программе совпадают с результатами, полученными с использованием исходного ПО, что говорит о корректности работы приложения. Приложение также корректно и успешно работает на различных операционных системах (Windows, macOS, Linux).

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

1. Сальников А.С., Добуш И.М., Моделирование и проектирование СВЧ монолитных интегральных схем. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2023 – 63 с.
2. А.А. Зуевич, К.Н. Полушвайко, В.Д. Боровкова, студенты каф. КСУП, ТУСУР. Модификация программы деэмбеддинга результатов измерений СВЧ-компонентов // Региональная научно-практическая конференция «Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения», Томск, 2024 г. – находится в печати.
3. DataView – программа для быстрого графического просмотра, анализа и обработки результатов СВЧ-измерений [Электронный ресурс]: 50ohm Technologies – Программные решения для радиоэлектроники. URL: <https://50ohm.tech/ru/dataviewer> (дата обращения: 20.01.2025).
4. R. Vice, MVVM Survival Guide for Enterprise Architectures in Silverlight and WPF. – Birmingham: Packt Publishing, 2012. – 491 с.
5. Data Binding (рус: Привязка данных) [Электронный ресурс]: сайт официальной документации по фреймворку Avalonia UI. URL: <https://docs.avaloniaui.net/docs/basics/data/data-binding/> (дата обращения: 20.01.2025).

Автор \_\_\_\_\_ Зуевич А.А.

Научный руководитель \_\_\_\_\_ Горяинов А.Е.