

УДК 004.422.83

## РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ОТРИСОВКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ДЛЯ САПР СВЧ-УСТРОЙСТВ

Борнашов В.Е. (ТУСУР), Данилов И.А. (ТУСУР)

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

**Введение.** В компании «50ohm Technologies» ведется разработка системы автоматизированного проектирования «Circuit Studio», позволяющая выполнять автоматизированный синтез СВЧ радиоэлектронных устройств на основе итерационного алгоритма.

Для выполнения синтеза требуется задание требований к будущему СВЧ-устройству, например, коэффициент усиления или коэффициенты отражения по входу и выходу, а также определить компонентную базу.

На выходе программа синтеза предоставляет схемное решение, описанное в виде логических соединений, но не имеет визуального отображения. Визуальное отображение схемы важно, так как позволяет пользователю оценить правильность элементов и их взаимное расположение.

В настоящий момент в программе реализован специальный модуль, который решает две задачи:

- 1) автоматическую расстановку элементов схемы в пространстве;
- 2) отрисовку элементов на экране пользователя.

Модуль обладает высокой связностью, где отрисовка выполняется непосредственно в процессе расстановки. Связность алгоритма усложняет модификацию отдельных задач независимо друг от друга. Таким образом, появляется задача разделения текущей реализации на два самостоятельных модуля, где в начале модуль расстановки выполнит расположение элементов на основе логического представления, а затем второй модуль выполнит отрисовку расположенных элементов и соединительных линий.

Целью работы является реализация модуля отрисовки элементов принципиальных схем для САПР СВЧ-устройств «Circuit Studio».

**Основная часть.** Для отрисовки схем необходима графическая библиотека. Для выбора лучшего решения выявлены следующие критерии:

- 1) время отрисовки;
- 2) удобство использования;
- 3) возможность кастомизации;

По итогу исследования выявлено, что библиотека SkiaSharp [1] является лучшим решением из предложенных, поскольку хоть она имеет не самое низкое время отрисовки, но имеет возможности легкого использования и расширенную кастомизацию. Также данная библиотека имеет расширенную документацию и лицензию с возможностью использования её в коммерческих целях.

Входные данные в модуль отрисовки генерируются модулем расстановки. Ниже представлен пример входных данных:

Elements:

- 1) Resistor R1 {0, 0}
- 2) Inductor\_Spiral I1 {200, 0}
- 3) Resistor R2 (Flip XY) {400, 100}
- 4) Capacitor C2 (Flip X) {400, -100}
- 5) Line L3 {600, 0}

Lines:

- 1) Line ({100, 0} {200, 0})
- 2) Line ({300, 0} {350, 0})
- 3) Line ({350, 100} {350, -100})

4) Line ({350, 100} {400, 100})

5) Line ({350, -100} {400, -100})

...

Структура элемента представлена названием модели, названием самого элемента, координатами расположения, направлением отражения и углом поворота. При этом, расположение, отражение и поворот выполняются относительно первого порта элемента. Связано это с тем, что модели элементов поступают в программу из файла PDK Twin, в котором условное графическое отображение (УГО) элемента представлено в виде примитивов (линия, дуга и эллипс). Библиотеки элементов PDK (Process Design Kit) содержат модели элементов СВЧ МИС и позволяют учесть особенности технологического процесса во время проектирования. Для высокой точности расчета характеристик схем во время синтеза необходимо использовать модели элементов из PDK [2, 3].

Все примитивы УГО заранее расположены относительно первого порта, поэтому принято решение выполнять отрисовку таким же образом. Ниже представлен пример списка примитивов для отрисовки одно из элементов:

Shapes:

1) Line ({0, 0} {-100, 0})

2) Polyline ({-100, 0} {-200, -100} {-250, -100} {-250, 100} {-200, 100} {-100, 0})

Модуль отрисовки должен удовлетворять следующим функциональным требованиям:

1. Отрисовка схемных решений (элементов с учетом их положения, соединительных линий и дополнительных объектов типа рамки или аннотационного текста).
2. Возможность изменения стилей отрисовки (отдельные стили для элементов, соединительных линий, дополнительных объектов).
3. Возможность отображения аннотационного текста у элементов.
4. Возможность масштабирования схемы с заданным шагом приближения.
5. Возможность автомасштабирования в зависимости от размеров родительского элемента управления.
6. Возможность добавления произвольного текста на схеме.

На основе функциональных требований спроектирована диаграмма классов, удовлетворяющая всем представленным требованиям [4].

**Вывод.** Разработана основная функциональность для корректной отрисовки схем СВЧ-устройств – отрисовка, поворот и отражение элементов схемы. Разрабатываемое решение является полностью независимым от модуля расстановки, что уменьшает их связность и упрощает возможность расширения функциональности данного модуля.

#### Список использованных источников:

1. Официальный репозиторий SkiaSharp [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/mono/SkiaSharp>, свободный (дата обращения: 22.01.2025).
2. Новичкова Ю.А., Билевич Д.В., Горяинов А.Е., Калентьев А.А. Экспериментальное исследование подходов синтеза СВЧ-устройств с использованием библиотек моделей элементов // Материалы докладов XVII Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления», Томск: В-Спектр – 2021 – Ч. 2, С. 29-32.
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.
4. Борнашов В.Е., Данилов И.А., Исайченко Н.Е. Проектирование модуля отрисовки принципиальных схем в САПР СВЧ-устройств // Материалы докладов XIII Региональной научно-практической конференции «Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения», Томск. – 2024 – С. 270-272.

Борнашов В.Е. (автор)

Подпись

Горяинов А.Е. (научный руководитель)

Подпись