

УДК 519.876.5

Цифровое моделирование в Qucs-S: обзор текущего состояния

Кузнецов Вадим Вадимович

vadim.kuznetsov@bmstu.ru

Алехин Артем Владимирович

alyokhinav@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Представлен обзор текущего состояния моделирования цифровых ИМС в программе схемотехнического моделирования Qucs-S. Рассмотрены ключевые особенности Qucs-S, включая его возможности по моделированию аналоговых и цифровых цепей, а также новые функции, добавленные в актуальной версии программы.

Ключевые слова: цифровое моделирование, Qucs-S, электронные схемы, анализ, инструменты проектирования, модели компонентов, симуляция

Введение. Цифровое моделирование стало одним из распространенных методов симуляции и анализа электронных схем в последнее время. Это стало возможно благодаря стремительному развитию программ-эмуляторов и расширение их компонентной базы. Одним из популярных инструментов для выполнения задач моделирования схем является Qucs-S (Quite Universal Circuit Simulator with SPICE). Этот программный пакет был разработан как расширение оригинального Qucs, выпущенным в начале 2000-х годов. Qucs-S предоставляет возможность проводить симуляции с использованием методов, основанных на SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), и обеспечивает более широкий спектр возможностей для анализа схем.

Общая информация о программе и ее основных функциях. Qucs-S является программой с открытым исходным кодом для моделирования электронных схем. Qucs-S кроссплатформенный (поддерживаются Linux и Windows) и написан на C++ с использованием набора библиотек Qt [1]. Является дополнением программы Qucs, выпущенной немцами Stefan Jahn и Michael Margraf в 2003 г. [2] Изначально она представляла простой симулятор электронных схем, однако со временем у пользователей появилась потребность более глубокого анализа. В 2014 г. на основе ранних наработок по Qucs началась работа над Qucs-S, который позволял подключать в качестве движка моделирования Ngspice с открытым исходным кодом. В 2022 г. Qucs-S был портирован на фреймворк Qt5, что фактически можно считать воскрешением симулятора.

Qucs-S предназначен для моделирования цифровых и аналоговых схем с целью получения частотных и временных характеристик в обширном диапазоне частот (от постоянного тока до СВЧ-частот). Основное преимущество, которое выгодно выделяет Qucs-S среди других программ подобного назначения (например, Ltspice, Multisim и PSpice), является встроенная возможность моделирования гармонического баланса и S-параметров. [3] Программа включает в себя множество встроенных моделей для резисторов, конденсато-

ров, транзисторов и других активных и пассивных компонентов. Кроме того, пользователи могут добавлять собственные модели, создавая персональные библиотеки компонентов.

Возможности Qucs-S в сфере цифрового моделирования. Quite Universal Circuit Simulator with SPICE обладает обширным списком видов моделирования и функций, позволяющих проводить анализ различных схем. Помимо классических функций, таких как моделирование на постоянном токе (DC analysis), моделирование в частотной области на переменном токе (AC analysis) и моделирование переходного процесса (Transient analysis), Qucs-S также поддерживает моделирование цифровых схем, спектральный анализ и параметрический анализ [4].

Примечательной особенностью Qucs-S является возможность анализа схем в частотной области. С этой целью в программе реализованы следующие функции:

- моделирование S-параметров;
- модели длинных линий;
- постпроцессор Qucsator, предназначенный для работы с S-параметрами;
- утилиты для расчета параметров МПЛ и синтеза фильтров на их основе [3].

Текущее состояние Qucs-S. На данный момент Qucs-S активно развивается. Последнее обновление 24.4.0 внесло улучшения в пользовательский интерфейс и расширило функциональность, добавив новые компоненты и модели. Главными новшествами этого выпуска являются:

- добавление утилиты для просмотра файлов Touchstone (SnP) (формата, используемого для документирования данных n-портовых сетевых параметров и данных о шумах линейных активных устройств, пассивных фильтров, пассивных устройств или межсоединений);
- введение библиотеки SPICE_Tline, содержащей модели для симуляции длинных линий для Ngspice;
- исправление ряда ошибок предыдущих версий, таких как проблемы с запуском Ngspice в некоторых режимах, сбои при отсутствии симуляторов при первом запуске и т. д. [5].

Все эти нововведения положительно сказываются на опыт использования данной программы схемотехнического моделирования.

Предпоследней версией программы является версия 24.3.0. Она примечательна тем, что в ней была значительно облегчена процедура импорта сторонних SPICE моделей электронных компонентов [5]. Данное нововведение позволяет ускорить и упростить создание пользовательских библиотек компонентов, а также расширить уже существующие в Qucs-S библиотеки. Кроме того, был обновлен движок рендеринга схемы, сборка бинарных пакетов была переведена на Qt6.

Тем не менее, пользователи сталкиваются с определенными проблемами, например недостаточная поддержка сложных моделей. Производительность симуляции может снижаться при работе с большими схемами, что может ограничивать применение Qucs-S в некоторых областях.

Заключение. В настоящее время можно отметить быстрое развитие цифрового моделирования, связанное с ростом сложности электронных систем и интеграцией новых технологий. Это способствует улучшению уже имеющихся программ схемотехнического моделирования, одной из которых является Qucs-S. Текущие ее возможности позволяют эффективно симулировать электронные схемы, исследовать временные и частотные характеристики и проводить параметрический анализ.

Qucs-S продолжает активно развиваться, и в ближайшие годы планируется улучшение функциональности программы. Разработчики намерены внедрить новые компоненты и модели, что позволит пользователям более точно симулировать различные электронные схемы и системы.

Несмотря на свои преимущества, Qucs-S сталкивается с определенными ограничениями, в особенности с необходимостью дальнейшей оптимизации и расширения компонентной базы. Однако активная работа разработчиков и пользователей способствует улучшению программы. В будущем Qucs-S может занять значительное место в области цифрового моделирования благодаря своему открытому коду и активному сообществу разработчиков. Это делает его привлекательным для научных исследований способствуя развитию новых технологий и инновационных решений в электронике.

Литература

- [1] Brinson M.E., Jahn S. Qucs: A GPL software package for circuit simulation, compact device modelling and circuit macromodelling from DC to RF and beyond. *International journal of numerical modelling (ijnm): electronic networks, devices and fields*, 2008, vol. 22, no. 4.
- [2] Quite Universal Circuit Simulator. URL: <http://qucs.sourceforge.net> (accessed March 23, 2025).
- [3] Кузнецов В.В. Моделирование высокочастотных схем в частотной области при помощи САПР Qucs. *Компоненты и технологии*, 2015, № 8, с. 120–126.
- [4] Кузнецов В.В. Симулятор электронных схем с открытым исходным кодом Qucs: основные возможности и основы моделирования. *Компоненты и технологии*, 2015, № 3, с. 114–120.
- [5] *Репозиторий исходных кодов проекта Qucs*. URL: <https://github.com/Qucs/qucs> (accessed March 23, 2025).

Digital modeling in Qucs-S: an overview of the current state

Kuznetsov V.V. vadim.kuznetsov@bmstu.ru

Alyokhin A.V. alyokhinav@student.bmstu.ru

BMSTU (KB), Kaluga, Russia

An overview of the current state of digital IC modeling in the Qucs-S circuit modeling program is presented. The key features of Qucs-S are considered, including its capabilities for modeling analog and digital circuits, as well as new functions added in the current version of the program.

Keywords: digital modeling, Qucs-S, electronic circuits, electronic circuit analysis, design tools, component models, simulation, data visualization