

# Обзор основных возможностей инструмента SimPCB для расчёта параметров линий передач в программе Delta Design

Вячеслав Кухарук, Виктор Ухин, Ольга Смирнова (компания «ЭРЕМЕКС»), Дмитрий Коломенский (Центр технологий материалов, Сколковский институт науки и технологий)

В статье рассматриваются основные возможности инструмента SimPCB в составе Delta Design. Выделяются его преимущества над аналогичными программными реализациями.

Одним из ключевых элементов в конструкции печатной платы (ПП) является линия передачи (ЛП). Это система прямых и возвратных проводников, расположенных в непосредственной близости друг от друга и формирующих единое электромагнитное поле. Управление параметрами ЛП на ПП позволяет минимизировать потери, связанные с деградацией целостности сигналов и ЭМС [1].

Для обеспечения надёжной работы высокоскоростных и высокочастотных электронных устройств необходимо контролировать параметры ЛП. ЛП – это не только сигнальный трек, расположенный на одном слое, внешнем или внутреннем, как представляют его большинство систем автоматизированного проектирования (САПР), но и контактные площадки (КП) компонентов, переходные отверстия (ПО). Параметры КП возможно учесть, представив их через обычные структуры ЛП. Это будет или микрополосковая, копланарная, или копланарная микрополосковая ЛП без маски. Расчёт ПО полностью отсутствует, а их параметры выбираются, как правило, из технологических возможностей производства. В результате межслойный переход становится неоднородностью на пути следования сигнала и может привести к серьёзному снижению его качества.

Инструмент SimPCB, входящий в состав программы Delta Design, кардинально отличается от программ подобного назначения. SimPCB даёт возможность рассматривать ЛП более полно, так как позволяет вычислять параметры не только ЛП в привычном их понимании, но и ПО. Следует отметить ещё раз, что во всех современных зарубежных САПР печатных плат, таких как Altium Designer, PADS, VX и другие, расчёт первичных и вторичных электрических параметров межслойных переходов нереализован, что в значительной степени может негативно повлиять на качество разработки, особенно высокочастотных устройств.

Запуск SimPCB в программе Delta Design осуществляется через меню **Инструменты** (рис. 1) в редакторах схемы или платы.

Инструмент состоит из следующих основных функциональных областей (рис. 2):

1. Выбор типа ЛП. Доступно четыре типа: одиночная, дифференциальная, копланарная одиночная, копланарная дифференциальная.
2. Список ЛП в группе. На текущий момент времени доступно 104 (с учётом перевёрнутого проводника) структуры для расчёта.
3. Описание выбранной ЛП. Здесь же располагается опция: перевернуть проводник и тем самым имитировать положение ядра (основания диэлектрика) относительно целевого проводника (рис. 3).
4. Выбор вычисляемого параметра. Осуществляется путём активации кнопки, расположенной рядом с параметром (рис. 4). По умолчанию рассчитывается волновое сопротивление одиночных ( $Z_0$ ) или дифференциальных ( $Z_{diff}$ ) ЛП (зависит от выбранной структуры). При необходимости пользователь может рассчитать толщину диэлектрика (H), диэлектрическую проницаемость (Er), толщину проводника (T), ширину проводника (W), зазор внутри дифференциальной пары (S), расстояние от проводника до опорной плоскости (D) для конкретного значения волнового сопротивления. Список

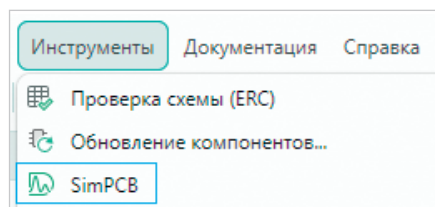


Рис. 1. Запуск инструмента SimPCB

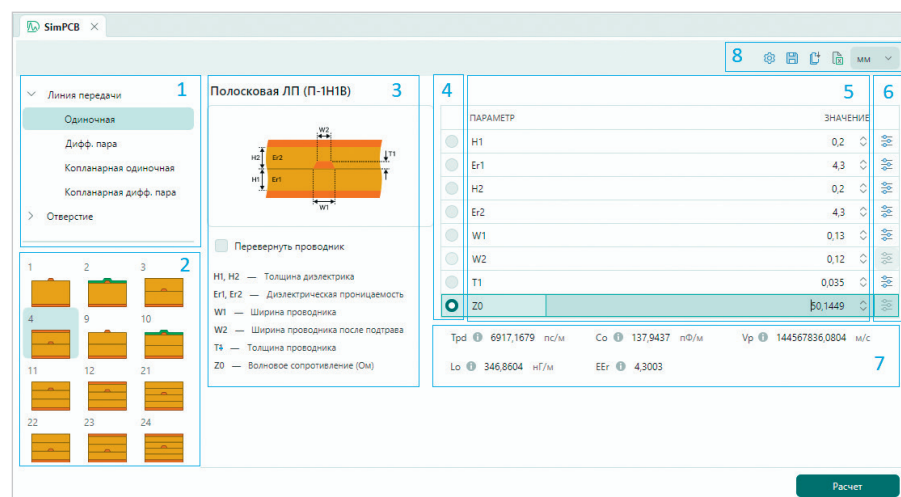


Рис. 2. Основные функциональные области инструмента SimPCB для расчёта ЛП

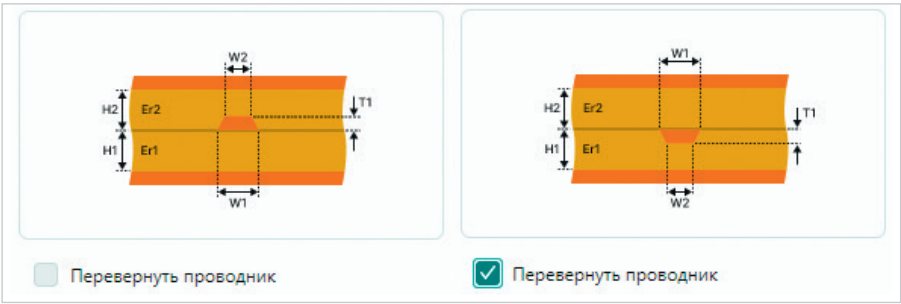


Рис. 3. Пример структуры с перевёрнутым проводником

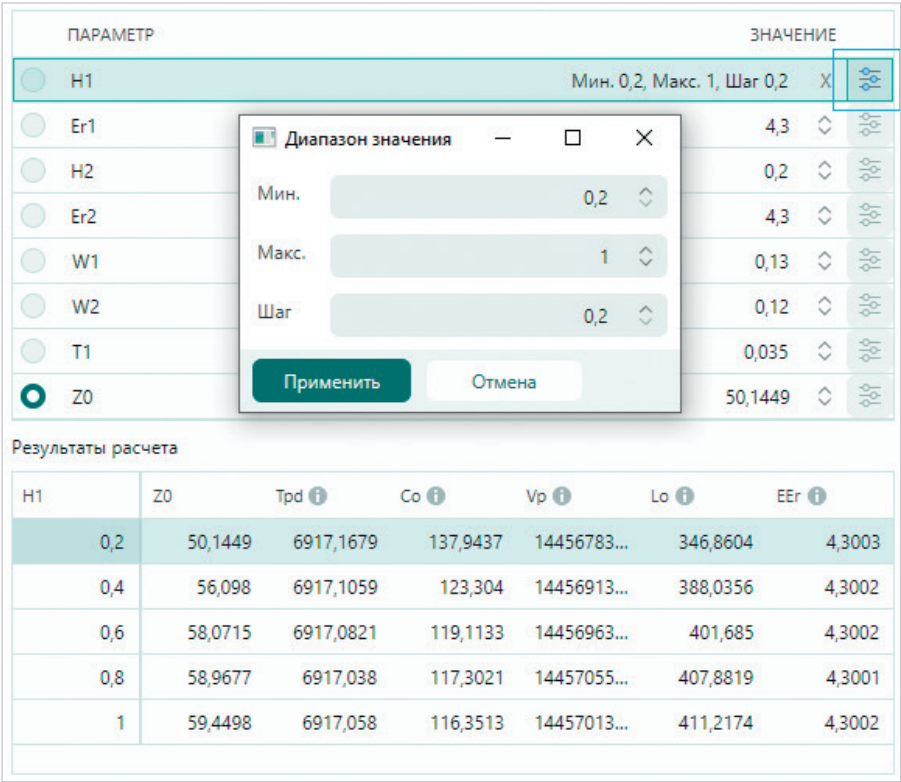


Рис. 5. Пример множественного расчёта

- параметров зависит от выбранной структуры.
- Область ввода значений параметров структуры и отображение результата.
  - Настройка множественного расчёта. SimPCB позволяет вычислять первичные и вторичные параметры ЛП в диапазоне значений одного выбранного параметра. Необходимо задать минимальное значение, максимальное и шаг. Результаты отображаются в виде таблицы, которую можно сохранить в формате .xlsx (рис. 5).
  - Область отображения первичных параметров ЛП. В настоящее время дополнительно вычисляются: задержка в проводнике (Trpd), погонная ёмкость (C0), погонная индуктивность (L0), скорость распространения сигнала (Vp) и эффективная диэлектрическая проницаемость (EEr).

- Для дифференциальных сигналов дополнительно рассчитывается волновое сопротивление нечётной моды (Zodd), чётной моды (Zeven) и режима общего вида (Zcomm).
- В данной секции расположена функциональность настройки допустимых значений параметров, выбор единиц измерения и сохранения расчёта. Также есть возможность открыть ранее сохранённую структуру в формате .xml и вывести результаты расчётов в формате .xlsx.
  - Функциональные области для расчёта параметров ПО представлены на рисунке (рис. 6).
  - В данной секции осуществляется выбор типа ПО. В текущей версии доступно отверстие для двухслойной ПП.
  - Активация/деактивация наличия опорных слоёв и маски у ПО.

| ПАРАМЕТР                         |     |
|----------------------------------|-----|
| <input type="radio"/>            | H1  |
| <input type="radio"/>            | Er1 |
| <input type="radio"/>            | H2  |
| <input type="radio"/>            | Er2 |
| <input type="radio"/>            | W1  |
| <input type="radio"/>            | W2  |
| <input type="radio"/>            | T1  |
| <input checked="" type="radio"/> | Z0  |

Рис. 4. Выбор параметра для расчёта

- Графическое представление ПО с параметрами.
  - Описание параметров.
  - Область ввода значений параметров отверстия:
    - Dv – диаметр ПО;
    - Tr – толщина меди в отверстии;
    - Dp – диаметр площадки на слое;
    - Da – диаметр антипада;
    - T – толщина меди на слое;
    - H – толщина диэлектрика;
    - Er – диэлектрическая проницаемость;
    - C1 – толщина маски;
    - CEr – диэлектрическая проницаемость маски.
  - Секция отображения рассчитанных первичных параметров ПО: задержка (Trpd), ёмкость (C0), индуктивность (L0), скорость распространения сигнала (Vp), волновое сопротивление (Zo).
  - Настройка допустимых значений параметров, сохранение проекта и выбор единиц измерения.
- Таким образом, инструментарий SimPCB позволяет современному инженеру решать часть задач обеспечения целостности сигналов высокоскоростных печатных плат. Основные преимущества инструмента:
- высокая точность и скорость расчёта параметров ЛП и ПО [3];
  - использование большого набора структур ЛП (104 структуры);
  - учёт высоты маски и технологического подтрава проводника;
  - расчёт первичных и вторичных параметров ЛП и ПО (ёмкость, индуктивность, волновое сопротивление, задержка сигнала и т.д.);

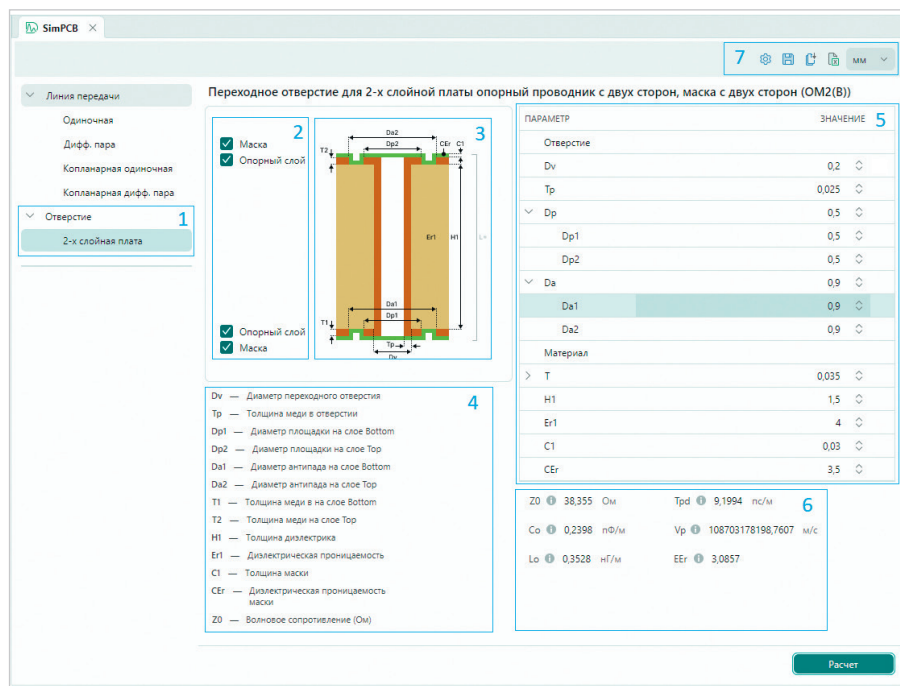


Рис. 6. Основные функциональные области инструмента SimPCB для расчёта ПО

- множественный расчёт;
- учёт различных вариантов расположения маски и опорных слоёв для ПО.

Инструмент SimPCB предоставляет возможность современному инженеру

проводить расчёты первичных и вторичных параметров ЛП и ПО с высокой точностью. Отличительной особенностью SimPCB от подобных программных продуктов является более полный подход к представлению ЛПП. Специа-

лист имеет возможность контролировать параметры межслойного перехода, что актуально для современных печатных плат, проектировать ЛП в которых без применения ПО становится всё сложнее.

Delta Design с инструментом SimPCB выходит на новый уровень в части проектирования высокоскоростных и высокочастотных устройств, а выбранный подход обеспечивает лидирующие позиции в части контроля параметров ЛПП, так как ни одна из САПР подобного назначения не позволяет учитывать ПО в линиях.

## Литература

1. Кечиев Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники. М.: Грифон, 2017. 57 с.
2. Методы расчёта волнового сопротивления линий передач на печатных платах / В.А. Ухин, Д.С. Коломенский, В.С. Кухарук, О.В. Смирнова // Современная электроника. 2023. № 9. С. 40.
3. Сравнение результатов расчетов волнового сопротивления линий передач на печатных платах / В.С. Кухарук, Д.С. Коломенский, В.А. Ухин, О.В. Смирнова // Современная электроника. 2023. № 9. С. 43.



## НОВОСТИ МИРА

### GS Group планирует разрабатывать и производить готовую технику

Российский производитель вычислительной техники GS Group переходит на модель ODM-производства, включающую разработку дизайна, закупку компонентов и производство «под ключ». В компании ожидают увеличения спроса на эти услуги из-за ужесточения требований к государственным компаниям по переходу на отечественное оборудование. Участники рынка предполагают, что на начальном этапе стоимость заказов в России будет на 20–30 % выше, чем у китайских производителей, но цены могут снизиться при полной загрузке производственных мощностей.

В калининградской GS Group сообщили, что они переквалифицировали своё производство в ODM, то есть стали Original Design Manufacturer, моделью, в которой завод самостоятельно разрабатывает и производит продукт согласно техническому заданию. GS Group будет предоставлять услуги по разработке конструкторской документации, подбору комплектующих, монтажу пе-

чатных плат и другим процессам. Компания также готова регистрировать продукцию заказчика в реестре Минпромторга, предоставляющем преференции на государственных закупках и налоговые льготы.

По словам коммерческого директора GS Group Максима Остроумова, инвестиции в расширение мощностей для запуска ODM за последние пять лет составили около 1,1 миллиарда рублей. Производство планируется осуществлять на существующих мощностях GS Group, а при необходимости будут использоваться партнёрские мощности. Имена партнёров не разглашаются.

До сих пор GS Group выступала только как контрактный производитель по монтажу компонентов на платы и сборке оборудования, отмечает исполнительный директор Ассоциации разработчиков и производителей электроники (АРПЭ, в которую входят компании «Резонит», «Эрикон», «Атол» и другие) Иван Покровский. ODM включает разработку, закупку компонентов и предоставление производственных услуг. Только оптимизация этих трёх процессов может обеспечить преи-

мущества в цене и качестве. Разработка предполагает наличие готовых платформенных решений, адаптируемых под потребности заказчиков.



Эксперт добавляет, что ведущие российские производители вычислительной техники, такие как Yadro, «Аквариус» и Fplus, имеют собственные производства, поэтому для привлечения крупных заказчиков GS Group должна эффективно организовать работу своих подразделений как в разработке, так и в снабжении компонентами.

[www.kommersant.ru](http://www.kommersant.ru)