

Система анализа целостности сигнала







Руководство пользователя

Внимание!

Права на данный документ в полном объёме принадлежат компании «ЭРЕМЕКС» и защищены законодательством Российской Федерации об авторском праве и международными договорами.

Использование данного документа (как полностью, так и частично) в какой-либо форме, такое как: воспроизведение, модификация (в том числе перевод на другой язык), распространение (в том числе в переводе), копирование (заимствование) в любой форме, передача форме третьим лицам, – возможны только с предварительного письменного разрешения компании «ЭРЕМЕКС».

За незаконное использование данного документа (как полностью, так и частично), включая его копирование и распространение, нарушитель несет гражданскую, административную или уголовную ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Компания «ЭРЕМЕКС» оставляет за собой право изменить содержание данного документа в любое время без предварительного уведомления.

Техническая поддержка E-mail: <u>support@eremex.ru</u>

Отдел продаж Тел. +7 (495) 232-18-64 E-mail: <u>info@eremex.ru</u> E-mail: <u>sales@eremex.ru</u>





Содержание

Руководство по эксплуатации

1	Термины и определения	. 4
2	Назначение инструмента	. 6
3	Рабочее пространство	. 7
3.1	Главное окно	. 7
3.1.1	Главное меню	. 7
3.2	Настройки системы	. 9
3.2.1	SimPCB	11
3.3	Функциональная панель «Проекты»	13
3.4	Панель инструментов «SimPCB»	15
4	Интерфейс окон с расчетами	16
4.1	Интерфейс для расчета параметров ЛП	16
4.2	Интерфейс для расчета параметров ПО	22
5	Расчет параметров линий передачи и переходных отверстий	26
5.1	Расчет первичных и вторичных параметров ЛП	26
5.2	Расчет первичных и вторичных параметров ПО	29
6	Выгрузка результатов	33



1 Термины и определения

В настоящем документе используются термины и определения, представленные в таблице, см. <u>Табл. 1</u>.

N⁰	Термин	Определение
1	Линия передачи	Система прямых и возвратных проводников, состоящая из сигнальной трассы и возвратного пути сигнала, который обычно является потенциальным слоем.
2	Дифференциальная пара	Два проводника, на которые подаются равные, но противоположные, переменные напряжения и токи.
3	Микрополосковая линия передачи	Линия передачи, состоящая из сигнального проводника, расположенного на внешнем слое печатной платы, и параллельного ему потенциального слоя, который обеспечивает возвратный путь для сигнала. Сигнальный проводник и потенциальный слой разделены диэлектриком печатной платы.
4	Полосковая линия передачи	Линия передачи, состоящая из сигнального проводника, расположенного во внутреннем слое печатной платы. Проводник с каждой стороны отделен параллельными слоями диэлектрика печатной платы, а также потенциальными слоями. В данном случае возвратных путей сигнала два.
5	Копланарная линия передачи	Линия передачи, состоящая из сигнального проводника и возвратного пути сигнала (проводников или полигонов), расположенных на одном и том же слое печатной платы.
6	Заглубленная линия передачи	Линия передачи, состоящая из сигнального проводника, расположенного во внутреннем слое печатной платы, и одного потенциального слоя, который является возвратным путем сигнала.

<u>Таблица 1</u> Термины и определения





Nº	Термин	Определение				
7	Антипад	Зазор между контактной площадкой и областью металлизации, в которой она расположена.				
8	Опорный слой	Слой, используемый для размещения только областей металлизации, которые занимают все пространство слоя (как правило, используются для подключения компонентов к цепям земли и питания).				
9	Четная мода	Состояние дифференциальной пары, когда напряжения на линиях одинаковы.				
1 0	Нечетная мода	Состояние дифференциальной пары, когда напряжения на линиях оппозитны.				

В настоящем документе используется перечень сокращений, представленный в таблице, см. <u>Табл. 2</u>.

Таблица 2 Перечень сокращений

Nº	Сокращен ие	Значение			
1	ЛП	Линия передачи			
2	Дифф. пара	Дифференциальная пара			
3	ПП	Печатная плата			
4	ПО	Переходное отверстие			
5	САПР	Система автоматизированного проектирования			



2 Назначение инструмента

Система анализа целостности сигналов SimPCB Lite 1.X – система автоматизированного проектирования, предназначенная для комплексного расчета параметров линий передачи с учетом параметров межслойных переходов и контактных площадок, направленная на обеспечение надежной работы высокоскоростных и высокочастотных электронных систем.

Функциональные возможности SimPCB Lite 1.Х позволяют производить расчеты параметров с высокой точностью и скоростью, при этом выполнять подбор необходимой структуры линии передачи из множества вариантов (104 структуры с учетом возможности переворота проводника), формировать нужную структуру ПП с переходным отверстием с учетом различных вариантов расположения слоев маски и опорных слоев, учитывать высоту маски и величину технологического подтрава проводника.

Система SimPCB Lite 1.Х обеспечивает решение следующих задач:

- 1. Расчет первичных и вторичных параметров одиночной линии передачи;
- 2. Расчет первичных и вторичных параметров дифференциальных пар;
- 3. Расчет первичных и вторичных параметров копланарных одиночных линий передачи;
- 4. Расчет первичных и вторичных параметров копланарных дифференциальных пар;
- Расчет первичных и вторичных параметров переходных отверстий для двухслойной печатной платы с возможностью подбора необходимой структуры;
- 6. Множественный расчет первичных и вторичных параметров ЛП в диапазоне значений одного выбранного параметра;
- Множественный расчет первичных и вторичных параметров ПО для двухслойной ПП в диапазоне значений одного выбранного параметра с возможностью подбора необходимой структуры ПП;
- 8. Возможность выбора вычисляемого параметра;
- 9. Вывод результатов расчетов в файлы с расширением .SIMC и .XLSX.



3 Рабочее пространство

3.1 Главное окно

Работа с системой анализа целостности сигнала SimPCB Lite 1.X осуществляется в главном окне системы, см. <u>Рис. 1</u>.



Рис. 1 Главное окно системы SimPCB Lite 1.X

Основные элементы графического интерфейса:

- 1. Главное меню программы;
- 2. Панели инструментов;
- 3. Панель «Проекты»;
- 4. Вкладки открытых расчетов.

3.1.1 Главное меню

<u>2</u>.

Главное меню состоит из разделов «Файл», «Вид», «Справка», см. <u>Рис.</u>

Файл	Вид	Справка
Puc 2	Гпае	ное меню

Главное меню состоит из следующих разделов:

• «Файл» – обеспечивает доступ к основным командам и настройкам системы;





- «Вид» обеспечивает вызов функциональной панели «Проекты», масштабирование рабочего окна;
- «Справка» предоставляет доступ к справочной информации.

3.1.1.1 Раздел главного меню «Файл»

В данном разделе описываются пункты главного меню раздела «Файл», обеспечивающие вызов операций по управлению проектами, моделями и расчетами, см. <u>Рис. 3</u>.

Фаі	λл			
	Создать	>	-	Проект SimPCB
	Открыть	>	C,	Расчет SimPCB
ß	Сохранить все			
	Импорт	>		
	Экспорт	>		
¢	Настройки			
	Завершить работу	Alt+F4		

Рис. 3 Состав меню «Файл»

Состав пунктов меню раздела «Файл»:

- «Создать»:
- «Проект SimPCB» создание нового проекта SimPCB;
- «Расчет SimPCB» создание нового расчета SimPCB;
- «Открыть» → «Проект SimPCB» открытие проекта SimPCB, содержащего набор моделей и расчетов;
- «Сохранить все» сохранение изменений в проектных данных в локальную директорию, пункт обозначен иконкой 🖽;
- «Импорт» → «Расчет SimPCB» импорт сохраненных структур и результатов моделирования целостности сигналов SimPCB в формате .SIMC;
- «Экспорт» → «Расчет SimPCB» экспорт сохраненных структур и результатов моделирования целостности сигналов SimPCB в форматах .SIMC и .xlsx;
- «Настройки» доступ к панели «Панель управления», пункт обозначен иконкой ³. Подробнее о выполнении настроек системы см. раздел Настройки системы;
- «Завершить работу» завершение работы SimPCB Lite 1.X, с закрытием всех панелей и окон («Alt+F4»).



3.1.1.2 Раздел главного меню «Вид»

Состав пунктов меню «Вид» представлен на Рис. 4.

Вид	1				
8	Во весь экран	F11			
٥ĭ٥	Проекты				
4	Стартовая страница				
Рис. 4 Состав меню «Вид»					

Состав пунктов меню раздела «Вид»:

- «Во весь экран» открывает текущее рабочее окно на весь экран монитора, пункт обозначен иконкой 🖾 («F11»);
- «Проекты» содержит текущие проекты, обеспечивает навигацию по проектам и их составляющим, пункт обозначен иконкой °С;
- «Стартовая страница» вызов окна, в котором перечисляются проектные действия, доступные в SimPCB Lite 1.X, пункт обозначен иконкой 🗟.

3.1.1.3 Раздел главного меню «Справка»

Раздел главного меню «Справка» содержит пункты, обеспечивающие доступ пользователя к справочной информации по продукту SimPCB Lite 1.X, см. <u>Рис. 5</u>.

С	правка
	Анализ целостности сигналов
	О программе
D	up 5 Coomoo Moulo "Pud"

Рис. 5 Состав меню «Вид»

3.2 Настройки системы

Доступ к общим настройкам выполняется через главное меню «Файл» → «Настройки», см. <u>Рис. 6</u>.





Pu	с. 6 Вызов настрое	эк
ŵ	Настройки	
	Экспорт	>
	Импорт	>
B	Сохранить все	
	Открыть	>
	Создать	>
Фай	λл	

Также переход к настройкам редактора возможен с помощью панели инструментов «SimPCB» → «Настройка параметров», см. <u>Рис. 7</u>.

SimPcb		×			
e e c c	t 🖻	\$			
		Настройка параметров			
Рис. 7 Переход к настройкам редактора					

Состав настроек отображается в отдельном окне «Панель управления», см. <u>Рис. 8</u>.

Панель управления		-		×
🛞 Общие	Восстановить панели по умолчанию			
 Подключение Клавиатура 	Сохранить настройки Загрузить настройки			
∨ 🖉 Редакторы Љ SimPCB	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПО УМОЛЧАНИЮ ММ			
	ВИЗУАЛЬНАЯ ТЕМА По умолчанию			
	ок Применить	Отм	ена	

Рис. 8 Общий вид «Панели управления»





В левой части окна отображаются вкладки настроек, в правой – параметры настройки, которые, при необходимости, могут быть отредактированы.

Вкладки настроек объединены в следующие разделы:

- «Общие» приведение панелей к первоначальному виду и выбор визуальной темы (графического оформления окон интерфейса пользователя);
- «Редакторы» включение опции автосохранения.

3.2.1 SimPCB

Окно настроек системы анализа целостности сигналов SimPCB Lite 1.X содержит вкладки: «Общие», «Линия передачи», «Отверстие», см. <u>Рис. 9</u>.

Панель управления				- 🗆 ×
🐼 Общие	Общие	Линия передачи Отверстие		
🛆 Подключение				
👗 Клавиатура	Единиць	ы измерения	мм	МКМ
🗸 🖉 Редакторы	Взаимос	связь между частотой сигнала (Fc) и длительностью фронта (t,)		Fc = 1 / 10 🗘 t _r
SimPCB				
		O	СПрим	отмена

Рис. 9 Вкладка «Общие»

Вкладка «Общие»

Доступные настройки на вкладке «Общие», см. Рис. 9:

- «Единицы измерения» выбор единиц измерения с помощью переключателя (миллиметры или микрометры).
- «Взаимосвязь между частотой сигнала (Fc) и длительностью фронта (tr)» – определение соотношения между частотой сигнала и длительностью фронта для расчетов с учетом частоты.



Вкладка «Линия передачи»

На вкладке «Линия передачи» в табличном виде представлены параметры линии передачи, условные обозначения, минимальные и максимальные допустимые значения и шаг изменения при проведении расчетов. Определение диапазона значений и шага изменения параметров необходимо для проведения обратных расчетов и обеспечения высокой скорости математических операций, см. <u>Рис. 10</u>.

Панель управления					—	⊐ ×
🔞 Общие	Общие Линия передачи Отверстие					
🛆 Подключение	Название	Параметр Минимум		м Максимум	Шаг	
👗 Клавиатура	Толщина диэлектрика	н	0,01 <	> 5 🗘	0,1	\diamond
💛 🖉 Редакторы	Диэлектрическая проницаемость	Er	1 <	> 10 🗘	0,01	٢
∭ SimPCB	Ширина проводника	W1	0,05 <	> 5 🗘	0,01	٢
	Ширина проводника после подтрава	W2	0,05 <	> 5 ≎	0,01	\diamond
	Толщина проводника	T1	0,01 (0,3 🗘	0,01	\diamond
	Расстояние от проводника до опорной плоскости	D1	0,05 <	> 5 ≎	0,01	\diamond
	Зазор между проводниками	S1	0,05 <	> 5 ≎	0,01	\diamond
	Толщина маски	C1	0,01 (0,3 🗘	0,1	\diamond
	Диэлектрическая проницаемость маски	CEr	1 (> 10 🗘	0,1	\diamond
		ОК	При	менить	Отме	на

Рис. 10 Вкладка «Линия передачи»

Вкладка «Отверстие»

На вкладке «Отверстие» в табличном виде представлены параметры отверстия, условные обозначения, минимальные и максимальные допустимые значения и шаг изменения при проведении расчетов. Определение диапазона значений и шага изменения параметров необходимо для проведения обратных расчетов и обеспечения высокой скорости математических операций, см. <u>Рис.</u> <u>11</u>.





Панель управления					- 0	
🔯 Общие	Общие Линия передачи Отверстие					
🛆 Подключение	Название	Параметр	Минимум	Максимум	Шаг	
🖾 Клавиатура	Диаметр переходного отверстия	Dv	0,1 🗘	1,5 🗘	0,1	\diamond
🗸 🖉 Редакторы	Толщина меди в отверстии	Тр	0,01 🗘	0,05 🗘	0,01	\diamond
M SimPCB	Диаметр площадки	Dp	0,4 🗘	2 🗘	0,1	\diamond
	Диаметр антипада	Da	0,6 🗘	3,5 🗘	0,1	\diamond
	Толщина меди	т	0,01 🗘	0,3 🗘	0,01	0
	Толщина диэлектрика	н	0,01 🗘	0,3 🗘	0,1	0
	Диэлектрическая проницаемость	Er	1 0	10 🗘	0,1	0
	Толщина маски	C1	0,01 🗘	0,15 🗘	0,1	0
	Диэлектрическая проницаемость маски	CEr	1 0	10 🗘	0,1	0
		ОК	Прим	енить	Отмена	а

Рис. 11 Вкладка «Отверстие»

3.3 Функциональная панель «Проекты»

Функциональная панель «Проекты» содержит все созданные и импортированные пользователем проекты, группы, модели и расчеты, а также осуществляет навигацию по составным частям каждого проекта, см. <u>Рис. 12</u>.



Рис. 12 Панель «Проекты»

Структура файлов в панели «Проекты»:



14:



- «Проект» это общий файл, который может содержать группы, набор моделей и расчетов, обозначен иконкой .
- «Группа» файл, который используется для объединения моделей в одну группу, обозначен иконкой 🗟.
- «Модель» это конкретная модель линии передачи или отверстия, которая формируется из выбранных параметров расчета: объекта расчета, типа объекта, названия структуры, типа расчета. Обозначена иконкой 🗟.
- «Расчет» это набор входных и выходных данных в виде набора таблиц, графиков и их настроек. Каждому типу расчета соответствует отдельная иконка.

В панели «Проекты» существует строка поиска для быстрой навигации. Для поиска нужного элемента введите символы из имени проекта, группы, модели или расчета. Элементы, содержащие введенные символы будут подсвечены, при этом другие элементы списка не будут отображаться, см. <u>Рис.</u> <u>13</u>.

°tо Проекты	
≣; ≣; 🖽 📹 🛍 🛃 ⊕	
<u>م ۱</u>	×
✓	
🗸 🕅 Fpy <mark>nn</mark> a 1	
🕅 П-2H2B	
🐠 Проект 2 (C:\Users\admin\Downloads\Проект 2.SIMP)	

Рис. 13 Навигация в панели «Проекты»

Функциональная панель «Проекты» содержит ряд инструментов, см. <u>Рис.</u>

- «Создать проект» создание нового проекта, обозначен иконкой 🕀;
- «Создать группу» создание новой группы, обозначен иконкой 🗟;
- «Создать расчет» создание нового расчета, обозначен иконкой 🔩;
- «Удалить выбранный элемент» удаление проекта, группы, модели или расчета, обозначен иконкой ш;
- «Открыть проект» переход в проводник для выбора проекта, обозначен иконкой 🗁;





- «Сохранить проект» сохранение изменений в проекте, обозначен иконкой 🖽;
- «Развернуть все элементы» структура всех элементов будет развернута, обозначен иконкой ‡≡;
- «Свернуть все элементы» структура всех элементов будет свернута, обозначен иконкой ‡≣.

ឹក្លើ Проекты						
₹ ₹ 🗂 📹 🛍 👶 🕀						
Q Введите текст для поиска						
> 💽 Проект 1* (C:\Users\admin\Downloads\Проект 1.SIMP)						
> 🎂 Проект 2 (C:\Users\admin\Downloads\Проект 2.SIMP)						

Рис. 14 Панель инструментов

3.4 Панель инструментов «SimPCB»

Панель инструментов «SimPCB» содержит набор инструментов для сохранения, импорта и экспорта проведенных расчетов, см. <u>Рис. 15</u>:

- «Сохранить» сохранение изменений в проекте, обозначен иконкой 🗒;
- «Сохранить все» сохранение изменений в проектных данных в локальную директорию, пункт обозначен иконкой 🖽;
- «Импортировать расчет SimPCB из .SIMC» импорт расчетов SimPCB в формате .SIMC;
- «Экспортировать расчет SimPCB в .SIMC» экспорт расчетов SimPCB в формате .SIMC;
- «Экспортировать расчет SimPCB в .XLSX» экспорт расчетов SimPCB в формате .XLSX;
- «Настройка параметров» переход к настройкам системы SimPCB Lite 1.X.





4 Интерфейс окон с расчетами

4.1 Интерфейс для расчета параметров ЛП

Рабочая область SimPCB Lite 1.Х для расчета параметров ЛП разделена на несколько областей, каждая из которых отвечает за определенные функции, см. <u>Рис. 16</u>.



Рис. 16 Интерфейс для расчета параметров ЛП

Ниже представлен перечень функциональных областей интерфейса SimPCB:

1. Выбор варианта расчета параметров линии передачи или переходного отверстия. Выбор типа линии передачи и типа расчета.

Все доступные структуры ЛП разделены на 4 типа:

- Одиночные линии передачи;
- Дифференциальные пары;
- Копланарные одиночные линии передачи;
- Копланарные дифференциальные пары.

Все доступные типы рассчета для ЛП:

- Без потерь;
- Частотный анализ;





- S-параметры;
- Перекрестные помехи.
- 2. Выбор подробной структуры линии передачи внутри выделенного типа.

При наведении курсора мыши на одну из структур доступны всплывающие подсказки с наименованием и кодовым обозначением структуры, см. <u>Рис. 17</u>.



Рис. 17 Всплывающие подсказки для структур ЛП

Примечание! Кодовое обозначение структуры состоит из аббревиатуры наименования линии передачи и количества диэлектриков сверху и снизу относительно проводника в выбранной структуре. Например, кодовое обозначение КЗОС-2Н1В принято для копланарной заглубленной ЛП с опорным слоем, в структуре которой два слоя диэлектрика расположены снизу от проводника и один слой диэлектрика - сверху, см. <u>Рис. 18</u>.



Копла	нарна	я заглуб	ленная ЛП	с опорня	ым слоем
	5-0	1 11	1 10		
Ha	Era				
H2	Er2				
нıŢ	Er1				

Рис. 18 Структура КЗОС-2Н1В

Полный список структур линий передачи представлен ниже.

- а) Одиночные линии передачи:
- Микрополосковая ЛП (M-1H);
- Микрополосковая ЛП с маской (MM-1H);
- Микрополосковая ЛП (M-2H);



- Микрополосковая ЛП с маской (MM-2H);
- Заглубленная ЛП (3-1Н1В);
- Полосковая ЛП (П-1Н1В);
- Заглубленная ЛП (3-2H1В);
- Полосковая ЛП (П-2Н1В);
- Заглубленная ЛП (3-2H2B);
- Заглубленная ЛП (3-1Н2В);
- Полосковая ЛП (П-1Н2В);
- Полосковая ЛП (П-2Н2В).
- б) Дифференциальные пары:
- Дифференциальная микрополосковая ЛП (ДМ-1Н);
- Дифференциальная полосковая ЛП (ДП-1Н1В);
- Дифференциальная заглубленная ЛП (ДЗ-1Н1В);
- Дифференциальная микрополосковая ЛП с маской (ДММ-1Н);
- Дифференциальная заглубленная ЛП (ДЗ-2Н2В);
- Дифференциальная заглубленная ЛП (ДЗ-1Н2В);
- Дифференциальная полосковая ЛП (ДП-1Н2В);
- Дифференциальная полосковая ЛП (ДП-2Н2В);
- Дифференциальная микрополосковая ЛП (ДМ-2Н);
- Дифференциальная микрополосковая ЛП с маской (ДММ-2Н);
- Дифференциальная полосковая ЛП (ДП-2Н1В);
- Дифференциальная заглубленная ЛП (ДЗ-2Н1В).
- в) Копланарные одиночные линии передачи:
- Копланарная микрополосковая ЛП (КМ-1Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с опорным слоем (КМОС-1Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с маской (КММ-1Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с маской и опорным слоем (КММОС-1H);



- Копланарная микрополосковая ЛП с опорным слоем (КМОС-2Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП (КМ-2Н);
- Копланарная микрополосковая ЛП с маской и опорным слоем (КММОС-2H);
- Копланарная микрополосковая ЛП с маской (КММ-2Н);
- Копланарная полосковая ЛП (КП-1Н1В);
- Копланарная полосковая ЛП (КП-2Н1В);
- Копланарная полосковая ЛП (КП-1Н2В);
- Копланарная полосковая ЛП (КП-2Н2В);
- Копланарная заглубленная ЛП (КЗ-1Н1В);
- Копланарная заглубленная ЛП (КЗ-2Н1В);
- Копланарная заглубленная ЛП с опорным слоем (КЗОС-1Н1В);
- Копланарная заглубленная ЛП с опорным слоем (КЗОС-2Н1В);
- Копланарная заглубленная ЛП (КЗ-1Н2В);
- Копланарная заглубленная ЛП (КЗ-2Н2В);
- Копланарная заглубленная ЛП с опорным слоем (КЗОС-1Н2В);
- Копланарная заглубленная ЛП с опорным слоем (КЗОС-2Н2В).
- г) Копланарные дифференциальные пары:
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП (КДМ-1Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с опорным слоем (КДМОС-1Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с маской (КДММ-1Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с опорным слоем и маской (КДММОС-1Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП (КДМ-2Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с маской (КДММ-2Н);
- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с опорным слоем (КДМОС-2Н);



- Копланарная дифференциальная микрополосковая ЛП с маской и опорным слоем (КДММОС-2Н);
- Копланарная дифференциальная полосковая ЛП (КДП-1Н1В);
- Копланарная дифференциальная полосковая ЛП (КДП-2Н1В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП (КДЗ-1Н1В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП (КДЗ-2Н1В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП с опорным слоем (КДЗОС-1Н1В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП с опорным слоем (КДЗОС-2Н1В);
- Копланарная дифференциальная полосковая ЛП (КДП-1Н2В);
- Копланарная дифференциальная полосковая ЛП (КДП-2Н2В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП (КЗ-2Н2В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП (КЗ-1Н2В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП с опорным слоем (КДЗОС-1Н2В);
- Копланарная дифференциальная заглубленная ЛП с опорным слоем (КДЗОС-2Н2В).
- 3. Описание выбранной структуры линии передачи. В этой области отображается наименование структуры, кодовое обозначение, изображение структуры с условными обозначениями ключевых при моделировании параметров и пояснения к ним.

Здесь же для некоторых структур линий передачи доступна опция «Перевернуть проводник». Применение данной опции производится при установке флага в чек-боксе и позволяет определить положение ядра (основания диэлетрика) в структуре печатной платы, см. <u>Рис. 19</u>.



Рис. 19 Пример структуры с перевернутым проводником





- 4. Выбор вычисляемого параметра (для расчетов без потерь). Выбор параметра осуществляется установкой флага в чек-бокс напротив условного обозначения параметра, который необходимо рассчитать. По умолчанию рассчитывается волновое сопротивление: Z0 для одиночных ЛП или Zdiff для дифференциальных пар, в зависимости от выбранной структуры ЛП.
- 5. Область ввода значений параметров структуры и отображение рассчитанных значений.
- 6. Настройка множественного расчета. Множественный расчет подразумевает расчет первичных и вторичных параметров линии передачи с изменением одного из параметров структуры в заданном диапазоне. Возможность задания величины параметра в диапазоне определяется цветным символом . для параметров, значение которых нельзя задать в диапазоне, символ . отображается серым цветом.
- 7. Область отображения рассчитанных параметров линии передачи. Кроме параметров, отображенных в области <u>5</u>, для всех типов ЛП вычисляются:
- Zo волновое сопротивление (Ом);
- Трd задержка в проводнике (пс/м);
- С емкость (пФ/м);
- Vp скорость распространения сигнала (м/с);
- L индуктивность (нГн/м);
- EEr эффективная диэлектрическая проницаемость.

Для дифференциальных сигналов дополнительно рассчитывается:

- Zodd волновое сопротивление линии, запитанной нечетной модой;
- Zeven волновое сопротивление линии, запитанной четной модой;
- Zcomm волновое сопротивление дифференциальной пары в режиме сигнала общего вида.

При наведении курсора мыши на условные обозначения первичных параметров доступны всплывающие подсказки с описанием, см. <u>Рис. 20</u>.

🖽 Общ	ие параметр	al			
Zeven 🚯	Tpd 🚯	CO	Vp 🕕	LO	EEr 🕦
55,2850	5 976,5041	108,1035	1,673E+08	330,4111	3,210 Эффективная диэлектрическая проницаемость

Рис. 20 Всплывающие подсказки для первичных параметров





8. Область настройки отображения результатов расчетов. Доступные результаты сгруппированы по типу: таблицы и графики. Для отображения установите флаг в соответствующий чек-бокс, см. <u>Рис.</u> <u>21</u>.

Результаты расчета 🕅 🕅								
Таблицы								
✓ S-параметры								
S-параметры (смешанный режим)								
Графики								
🔽 S-парам	етры							
S-парам	етры (смешанный режим)							
Настройки с	отображения результатов							
По оси Х	Zs	~						
По оси Ү	Магнитуда	~						
S-параметр	S11	~						
Легенда								
S11	#FFE04712	~						
Puc. 21	Всплывающие подсказки для первичн. параметров	ых						

9. Область запуска расчетов и сохранения результатов.

4.2 Интерфейс для расчета параметров ПО

Рабочая область SimPCB Lite 1.X для расчета параметров переходных отверстий разделена на области, каждая из которых отвечает за определенные функции, см. <u>Рис. 22</u>.







Рис. 22 Интерфейс для расчета параметров ПО

Ниже представлен перечень функциональных областей интерфейса SimPCB:

- 1. Выбор расчета параметров переходного отверстия. Выбор количества слоев платы.
- 2. Описание структуры платы с переходным отверстием. В этой области отображается наименование структуры, кодовое обозначение, изображение структуры с условными обозначениями ключевых при моделировании параметров и пояснения к ним.

Установка и снятие флагов в чек-боксах «Маска» и «Опорный слой» позволяет подобрать необходимую структуру платы, см. <u>Рис. 23</u>.







Рис. 23 Добавление и удаление слоев из структуры платы

Примечание! Кодовое обозначение складывается из аббревиатуры наименований выбранных слоев, их расположения и общего количества слоев в структуре платы. Например, кодовое обозначение O4B(13) принято для структуры четырехслойной печатной платы с маской на верхнем слое и опорным слоем на 1 и 3 слоях, см. <u>Рис. 24</u>.





Рис. 24 Структура О4В(13)

- Область ввода значений параметров структуры и отображение рассчитанных значений.
- 4. Настройка множественного расчета. Множественный расчет подразумевает расчет первичных и вторичных параметров линии передачи с изменением одного из параметров структуры в заданном диапазоне. Возможность задания величины параметра в диапазоне определяется цветным символом . для параметров, значение которых нельзя задать в диапазоне, символ . отображается серым цветом.
- 5. Область отображения первичных параметров линии передачи. Кроме параметров, отображенных в области <u>3</u>, для ПО вычисляются:
- Zo волновое сопротивление (Ом);
- Трd задержка в переходном отверстии (пс);





- С емкость переходного отверстия (пФ);
- Vp скорость распространения сигнала (м/с);
- L индуктивность переходного отверстия (нГн);
- EEr эффективная диэлектрическая проницаемость.

При наведении курсора мыши на условные обозначения первичных параметров доступны всплывающие подсказки с описанием, см. <u>Рис. 25</u>.

Общие параметры									
Zo 🕕	Tpd 🚯	CO	Vp 🕕	LO	EEr				
37,8696	9,3159	0,2460	1,685E+08	0,3528	3,164	Эффективная диэлектрическая проницаемость			

Рис. 25 Всплывающие подсказки для первичных параметров

- 6. Область настройки параметров и выгрузки результатов расчетов.
- 7. Область настройки отображения результатов расчетов. Доступные результаты сгруппированы по типу: таблицы и графики.
- 8. Область запуска расчетов и сохранения результатов.





5 Расчет параметров линий передачи и переходных отверстий

5.1 Расчет первичных и вторичных параметров ЛП

Для расчета первичных и вторичных параметров линии передачи необходимо выполнить следующие действия:

1. Выбрать тип линии передачи для расчета, см. Рис. 26.



Рис. 26 Выбор типа ЛП

2. Выбрать тип расчета, см. Рис. 27.



Рис. 27 Выбор типа ЛП

3. Выбрать подходящую структуру ЛП, см. Рис. 28.

Диффере	енциальная з	аглубленная ЛП (ДЗ-1Н2В)
		• •

Рис. 28 Выбор структуры ЛП

При необходимости и доступности опции установить флаг в чек-бокс «Перевернуть проводник», см. <u>Рис. 29</u>.







«Перевернуть проводник»

4. Заполнить известные значения параметров, см. Рис. 30.

Параметры линии передачи							
H1	0,1	0 t <u>a</u>	<u>n</u> ,				
Er1	4,2	0 t <u>a</u>	٩.				
H2	0,1	0 t <u>a</u>	٩.				
Er2	4,2	0 t <u>a</u>	<u>n</u> .				
H3	0,1	≎ t <u>a</u>	٩.				
Er3	4,2	0 t <u>a</u>	<u>n</u> .				
W1	0,17	≎ t <u>a</u>	٩.				
W2	0,15	0 t <u>a</u>	<u>n</u> .				
S1	0,2	0 t <u>a</u>	<u>n</u> .,				
T1	0,035	≎ t <u>a</u>	٩.				
∨ Дополните	ельные параметры						
тс	58E+06	0 t <u>a</u>	٩.				
tgδ	0,02	0 t <u>a</u>	٩.				
LTL	25	0 t <u>a</u>	٩.				
tr	333,3333	\$ <u>1</u>					
Fc	300	\$ t <u>m</u> ,					
D 00.0							

Рис. 30 Заполнение значений параметров и выбор параметра для расчета

5. Для запуска расчета нажать кнопку «Рассчитать». Результаты расчета будут представлены в виде таблицы, см. <u>Рис. 31</u>.

🖽 Обш	🖽 Общие параметры												
Zdiff 🕕	R 🕕	LO	CO	G 🚯	α _{db,R} 働	α _{db,D} 🕕	α _{db} 🕤	Tpd 🚯	Vp 🕕	EEr 🕕	¢ 🛈	V ₀ 🛈	
111,4297	0,8955	18,6477	1,5020	5,483E-05	-0,0349	-0,0265	-0,0614	167,3606	1,494E+08	3,9348	0,3155	1,494E+08	

Рис. 31 Результаты расчета





Примечание! В случае если рассчитанное значение не попадает в диапазон значений, установленный в настройках параметров, система предупредит о необходимости изменить введенные значения или настройки параметров, см. <u>Рис. 32</u>.



∨ Параметрь	и линии передач	и
H1	! 11	⇒ t <u>m</u> ,
Er1	4,2 Значение	е больше допустимого (10)
H2	0,1	⇔ t <u>n</u> ,

Рис. 32 Предупреждение о несоответсвии значения параметра диапазону

 Для проведения множественного расчета следует нажать символ перейти в окно «Диапазон значения» и указать максимальное и минимальное значение выбранного параметра и шаг изменения, см. <u>Рис. 33</u>.

Диапазон значения								
Мин.	0,1	٥						
Макс.	1	\Diamond						
Шаг	0,1	٥						
Применить Отмена								
Рис. 33 Окно «Диапазон								

с. 55 Окно «диапаз значения»

7. Результаты множественного расчета первичных и вторичных параметров будут представлены в виде таблицы и графика, см. <u>Рис.</u> <u>34</u>.





■ 06ι	цие парамет	гры												Результа	ты расчета	×
H1 🔀	Zdiff 🕕	R 🕕	LO	C 🚯	G 🚯	α _{db,R} 📵	α _{db,D} 🕕	α _{db} 📵	Tpd 🔀	Vp 📵	EEr 🕕	¢ 🛈	V ₀	Таблицы		
0,1000	65,6599	1,0938	11,3398	2,6332	9,821E-05	-0,0724	-0,0280	-0,1004	172,8015	1,447E+08	4,1089	0,3258	1,447E+08	🗸 Общи	е параметры	
0,2000	93,0944	0,9224	15,8177	1,8257	6,753E-05	-0,0430	-0,0273	-0,0703	169,9342	1,471E+08	4,0405	0,3203	1,471E+08	Графики		
0,3000	102,3187	0,8968	17,2834	1,6512	6,08E-05	-0,0381	-0,0270	-0,0651	168,9330	1,48E+08	4,0034	0,3184	1,48E+08	Общи	е параметры	
0,4000	106,3201	0,8924	17,9017	1,5839	5,816E-05	-0,0365	-0,0269	-0,0633	168,3888	1,485E+08	3,9807	0,3174	1,485E+08			
0,5000	108,3784	0,8922	18,2112	1,5507	5,683E-05	-0,0358	-0,0267	-0,0625	168,0459	1,488E+08	3,9658	0,3168	1,488E+08	Настройн	и отображения результатов	
0,6000	109,5693	0,8929	18,3859	1,5317	5,606E-05	-0,0354	-0,0267	-0,0621	167,8133	1,49E+08	3,9554	0,3163	1,49E+08	Режим	Дифференциальный	~
0,7000	110,3185	0,8937	18,4933	1,5198	5,557E-05	-0,0352	-0,0266	-0,0618	167,6477	1,491E+08	3,9479	0,3160	1,491E+08	По оси Х	H1	~
0,8000	110,8203	0,8944	18,5639	1,5118	5,524E-05	-0,0351	-0,0266	-0,0616	167,5255	1,492E+08	3,9424	0,3158	1,492E+08	По оси У	Zdiff	~)
0,9000	111,1727	0,8950	18,6127	1,5062	5,5E-05	-0,0350	-0,0266	-0,0615	167,4327	1,493E+08	3,9381	0,3156	1,493E+08	Пегента		
1,0000	111,4297	0,8955	18,6477	1,5020	5,483E-05	-0,0349	-0,0265	-0,0614	167,3606	1,494E+08	3,9348	0,3155	1,494E+08	Zaliff	#EEE04712	
<u> 06</u>	цие парамет	гры												2011	#FFE04/12	Ŷ
111,4	3 -								_	_			-			
e (0 w																
NH0/6 10				/												
анто ф	, I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.I.															
e co 11																
08 91 91)-		/													
6 8 0 1			/													
NPH0		/	/								0,	8				
eHTM 72.0											Zdif	f 110,82				
də 73,8	4															
- 		/														
00,00																
		0,1	0,2	0,3	0,4	(),5	0,6	0,7	0,8 0,8	428 0,9		1			
						Толщ	ина диэлект	грика (мм)								

Рис. 34 Результаты множественного расчета

5.2 Расчет первичных и вторичных параметров ПО

Для расчета первичных и вторичных параметров переходного отверстия следует:

1. Выбрать структуру платы из необходимого количества слоев, см. <u>Рис.</u> <u>35</u>.



2. Активировать/деактивировать требующиеся слои маски и опорные слои с помощью установки/снятия флагов в чек-боксах, см. <u>Рис. 36</u>.





Настройки		02	2HB(2)				
диницы	ММ МК	м	! €	Da2			
бъект расчета	Отверстие	~			-) (٦
ип объекта	Плата 2 слоя	~					
ип расчета	Без потерь	~					
Иаска					Erl	н	OF MM
Опорный 2							1
Опорный 1							
Иаска			TI 4	Dp1	- • 1		
			Ť	TP-	←		
				Dv			

Рис. 36 Выбор структуры ЛП

3. Заполнить значения параметров для отверстия и материала платы, см. <u>Рис. 37</u>.

∨ Отверстие			
Dv	0,2	\diamond	t <u>m</u> ,
Тр	0,025	\diamond	t <u>m</u> ,
∨ Dp	0,5	\diamond	t <u>m</u> ,
Dp1	0,5	\diamond	t <u>m</u> ,
Dp2	0,5	\diamond	t <u>m</u> ,
Da2	0,9	\diamond	t <u>m</u>
∨ Материал			
~ T	0,035	\diamond	<u>tm</u> ,
T1	0,035	\diamond	t <u>m</u>
Т2	0,035	\diamond	t <u>m</u>
H1	1,5	\diamond	<u>tm</u>
Er1	4,2	\diamond	1
C1	0,025	\diamond	t <u>m</u>
CEr	3,5	\diamond	t <u>m</u> ,

Рис. 37 Заполнение значений параметров

- 4. Для запуска расчета нажать кнопку «Рассчитать».
- 5. Результаты расчета будут отображены в рабочей области в виде таблицы, см. <u>Рис. 38</u>.





Zo Tpd C Vp L EEr Eer 45,6064 9,2105 0,2020 1,705E+08 0,4201 3,0932	Ш Общие параметры							
45,6064 9,2105 0,2020 1,705E+08 0,4201 3,0932	Zo 🚯	Tpd 🕕	CO	Vp 📵	LO	EEr		
	45,6064	9,2105	0,2020	1,705E+08	0,4201	3,0932		

Рис. 38 Результат расчета параметров ПО

6. Для проведения множественного расчета следует нажать символ (М., перейти в окно «Диапазон значения» и указать максимальное и минимальное значение выбранного параметра и шаг изменения, см. <u>Рис. 39</u>.

Диапазон значения								
Мин.	0,2	\Diamond						
Макс.	0,3	٢						
Шаг	0,02	\circ						
Применить Отмена								
Рис. 39 Окно «Диапазон								

-ис. зэ Окно «диапазо. значения»

7. Результаты множественного расчета параметров переходного отверстия будут представлены в виде таблицы и графика, см. <u>Рис. 40</u>.







Рис. 40 Результаты множественного расчета



6 Выгрузка результатов

В системе SimPCB Lite 1.X существует возможность сохранения и использования выбранных структур и полученных результатов в виде файлов формата .SIMC, а также вывод результатов в файлы формата .XLSX.

Группа команд для сохранения и вывода результатов расчета линий передачи и переходных отверстий расположена в панели инструментов «SimPCB», см. <u>Рис. 41</u>.

SimPcb ×								
88000088								
Рис. 41 Панель инструментов «SimPCB»								

Для сохранения результатов в формате .SIMC используйте символ ^[1]. В окне проводника укажите место для сохранения файла.

Имя файла по умолчанию состоит из кодового обозначения структуры, условного обозначения выбранного для расчета параметра и его расчитанного значения. Для множественного расчета в наименовании файла будет указана зависимость расчитанного параметра от варьируемого, например М-1H - Z0 (H1).SIMC, см. <u>Рис. 42</u>.

🐵 Сохранение				×
← → × ↑ 📙 « Рабочий стол → PR	OSOFT → SimPCB	ч Ö Поиск	в: SimPCB	Q
Упорядочить 💌 Новая папка			III •	. ()
ConeDrive - Person	^	Дата изменения	Тип	Раз
💻 Этот компьютер	Нет элементов, у	довлетворяющих условиям п	риска.	
🗃 Видео				
付 Документы				
🖊 Загрузки				
📰 Изображения				
👌 Музыка				
🧊 Объемные объ				
🔜 Рабочий стол 🗸 <				>
Имя файла: О2НВ(2) - Zo (Dv)				~
Тип файла: Файл расчета SimPCB L	ite			~
 Скрыть папки 		Coxp	анить Отм	лена

Рис. 42 Сохранение результатов в формате .SIMC

Загрузка файлов .SIMC для просмотра и дальнейшей работы производится с помощью символа ^[1]. В окне проводника выберите нужный файл и примените команду «Открыть», см. <u>Рис. 43</u>.







Рис. 43 Загрузка файлов в формате .SIMC

Вывод результатов расчета в файлы формата .XLSX производится аналогично действиям описанным выше, однако для это операции используется символ . Пример файла с рассчитанными первичными и вторичными параметрами представлен на <u>Рис. 44</u>.



Рис. 44 Пример файла с результатами расчета

