

# ИСПЫТАНИЯ НА ВНОСИМЫЕ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ЦЕПЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА DELTA-L 4.0

**Ввиду непрерывного роста скоростей передачи данных обеспечение целостности сигнала в высокоскоростных цифровых устройствах становится всё более сложной задачей.**

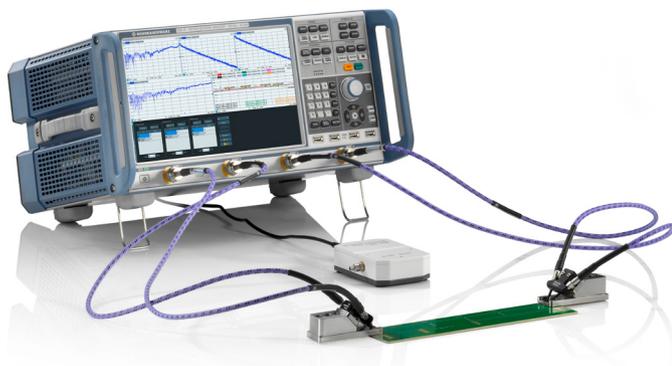
Например, PCIe 5.0 обеспечивает скорость передачи данных до 32 ГТ/с и определяет максимальные вносимые потери между устройством Root Complex (RC) и оконечной точкой (EP). Помимо корпусов RC и EP, разъемов и переходных отверстий, главным фактором являются электропроводящие цепи на соответствующих слоях печатных плат. Их вносимые потери на дюйм служат основным критерием, который подлежит измерению без влияния каких-либо вводов и выводов, которые могут включать в себя зонды печатных плат и переходные отверстия. Алгоритм Delta-L позволяет легко устранять эти влияния и рассчитывать вносимые потери на дюйм проводника печатной платы путем проведения измерений контрольных образцов различной длины.

## Измерительная задача

При измерении вносимых потерь на дюйм проводника на определенном слое печатной платы вводы и выводы, включая зонды печатных плат и переходные отверстия, вносят искажения в результаты измерений, поэтому их необходимо удалить из измерения вплоть до области интереса. Алгоритм Delta-L устраняет эти влияния математическим путем и рассчитывает вносимые потери на дюйм проводника на определенном слое печатной платы с помощью проводников различной длины. Процедура измерения Delta-L полностью интегрируется

## Рис. 1: анализатор R&S®ZNB40 с зондами Delta-L 4.0

Для проверки вносимых потерь на дюйм проводника печатной платы.



в векторные анализаторы цепей R&S®ZNA, R&S®ZNB, R&S®ZNBТ и R&S®ZND в виде опции R&S®ZNx-K231.

Полное определение характеристик измерительной платы и соответствующая компенсация цепей измерительной платы означает смещение опорной плоскости векторного анализатора цепей в новую позицию рядом с испытуемым устройством. Данный метод можно использовать для измерения любых типов испытуемых устройств. Однако в случае с Delta-L алгоритм предполагает, что испытуемое устройство представляет собой идеальную линию передачи на определенном слое печатной платы, причем эта линия характеризуется только длиной и вносимыми потерями. Процедура полного определения характеристик измерительной платы и компенсации цепей также имеется в векторных анализаторах цепей R&S®ZNA, R&S®ZNB, R&S®ZNBТ и R&S®ZND. Соответствующие опции: R&S®ZNx-K210 (EZD), R&S®ZNx-K220 (ISD) и R&S®ZNx-K230 (SFD).

Если требуется только измерение вносимых потерь на дюйм проводника на определенном слое печатной платы, алгоритм Delta-L позволяет целенаправленно получить требуемые результаты путем измерения электропроводящих цепей печатной платы с применением трех различных методов: 1L, 2L или 3L. Эти методы определяют количество используемых контрольных образцов с различной длиной проводника. На рис. 2 изображен метод 2L с контрольными образцами длиной 5 дюймов и 2 дюйма.

Delta-L 3.0 определяет зонд, точки приложения зонда, шаг (1,0 мм) и алгоритм расчета вносимых потерь на дюйм. Он поддерживает версии до PCIe 4.0 и частоты до 20 ГГц. Delta-L 4.0 как расширение для PCIe 5.0 и PCIe 6.0 также определяет зонд, точки приложения зонда, шаг (0,5 мм) и алгоритм расчета, при этом диапазон частот увеличивается до 40 ГГц. Опция R&S®ZNx-K231 включает в себя новый алгоритм Delta-L 4.0, который пригоден для измерений Delta-L 4.0 и Delta-L 3.0.

Руководство по применению | Версия 01.00

**ROHDE & SCHWARZ**

Make ideas real



## Решение компании Rohde & Schwarz

Испытательная установка изображена на рис. 1. Используемые зонды Delta-L 4.0 и измерительная плата в увеличенном масштабе изображены на рис. 3 и рис. 4. Калибровка векторного анализатора цепей проводится до конца коаксиальных кабелей, например, с помощью блока автоматической калибровки R&S®ZN-Z54.

Процедура измерения Delta-L полностью интегрирована в векторные анализаторы цепей R&S®ZNA, R&S®ZNB, R&S®ZNBТ и R&S®ZND в виде опции R&S®ZNx-K231. Она поддерживает методы 1L, 2L и 3L с помощью 1, 2 или 3 контрольных образцов различной длины. Благодаря полной интеграции в прибор не требуется последующая обработка на внешнем ПК.

Диалоговое окно изображено на рис. 5, а на рис. 6 показаны настройки измерения Delta-L, включая конфигурацию портов прибора, выбор метода Delta-L и задание развертки. Помимо коэффициента рассеяния, также возможно отображение значений импеданса при рефлектометрии во временной области, чтобы проверить правильное подключение зондов Delta-L и при необходимости отрегулировать их.

## Автоматизация процесса

После ввода настроек пользователь может запустить процедуру измерения Delta-L. На экране последовательно отображаются различные этапы измерения. Для каждой длины образца пользователь может выбрать измерение в режиме реального времени или загрузить уже имеющийся результат измерений, сохраненный в формате Touchstone.

## Рис. 3: зонды Delta-L 4.0 от PacketMicro

Зонды Delta-L 4.0 с направляющими штифтами на измерительной плате, включая контрольные образцы 10 дюймов, 5 дюймов и 2 дюйма на различных слоях печатной платы.

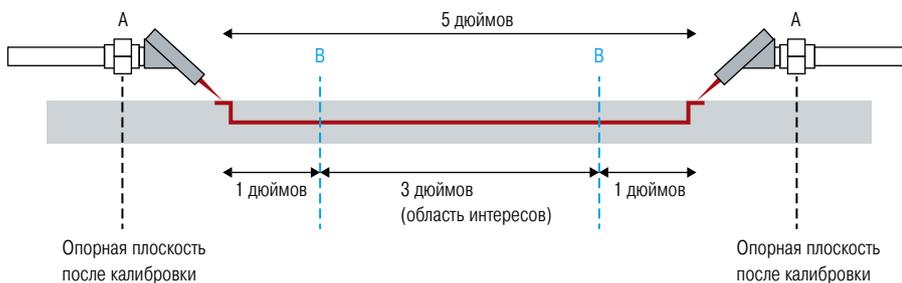


На рис. 7 изображен метод 3L с контрольными образцами длиной 10 дюймов, 5 дюймов и 2 дюйма. В данном случае алгоритм Delta-L удаляет соответствующие входы и выходы и выдает три результата измерений вносимых потерь на дюйм, комбинируя образцы 10 дюймов и 5 дюймов (область интереса = 5 дюймов), образцы 10 дюймов и 2 дюйма (область интереса = 8 дюймов) и образцы 5 дюймов и 2 дюйма (область интереса = 3 дюйма), как показано на рис. 2. Метод 3L дает наибольшее количество информации и, как правило, применяется на раннем этапе (например, при выборе материалов). На рис. 8 изображен метод 2L с контрольными образцами длиной 10 дюймов и 5 дюймов. Здесь алгоритм Delta-L удаляет соответствующие входы и выходы и выдает один результат измерений вносимых потерь на дюйм, комбинируя только образцы 10 дюймов и 5 дюймов (область интереса = 5 дюймов). Метод 2L дает точный результат

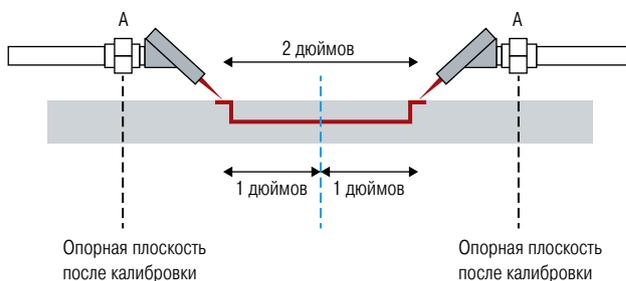
## Рис. 2: метод Delta-L с помощью контрольных образцов различной длины

Здесь изображены контрольные образцы длиной 5 дюймов и 2 дюйма. Вносимые потери на дюйм определяются областью интереса, которая здесь соответствует отрезку проводника длиной 3 дюйма на контрольном образце длиной 5 дюймов.

### Опорная плоскость А (калибровка на коаксиальном интерфейсе)



### Опорная плоскость А (калибровка на коаксиальном интерфейсе)



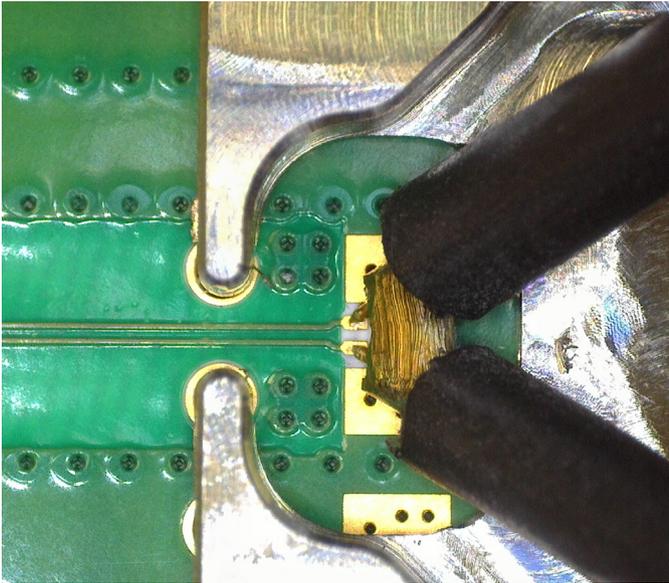
измерений вносимых потерь на дюйм в области интереса и рекомендуется на этапе изготовления шаблонов плат. Метод 1L использует только один контрольный образец и не удаляет вводы и выводы из результатов измерений. Он предназначен для массового производства, позволяя получать тенденции и статистику производственного процесса для контрольных образцов на различных платах.

После получения всех результатов измерений для всех требуемых образцов можно запустить расчет Delta-L нажатием на кнопку Run (пуск) в процедуре Delta-L. На экране появляется новая диаграмма с результатами. Для всех частот, выбранных в настройках измерений Delta-L, имеются маркеры, которые показывают числовые значения вносимых

потерь на дюйм и соответствующую погрешность. На рис. 9 изображены результаты измерений Delta-L по методу 2L с образцами длиной 10 дюймов и 5 дюймов. Оранжевая линия показывает сглаженную кривую с маркерами на выбранных частотах. Синяя линия показывает несглаженную кривую в качестве эталона и сравнения.

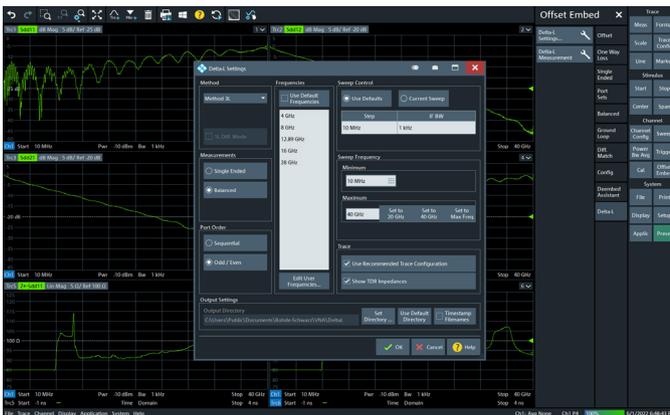
**Рис. 4: зонд Delta-L 4.0 и измерительная плата от PacketMicro**

Здесь изображены точки приложения зонда Delta-L 4.0. Алгоритм Delta-L 4.0 определяет структуру «земля-сигнал-сигнал-земля» (GSSG) с шагом 0,5 мм вместо шага 1,0 мм, используемого в Delta-L 3.0.

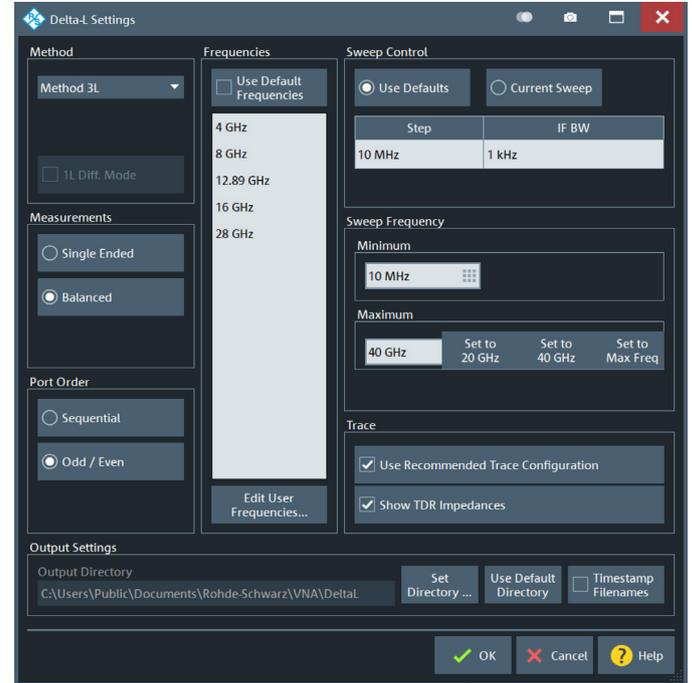


**Рис. 5: реализация алгоритма Delta-L в R&S®ZNX-K231**

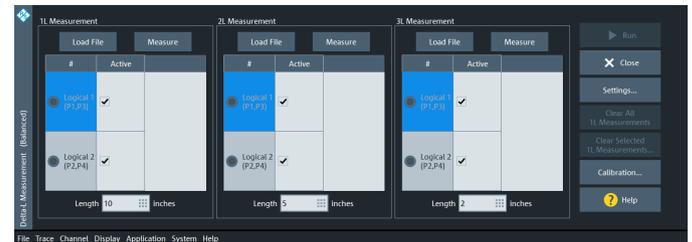
Данная реализация поддерживает методы измерений 1L, 2L и 3L.



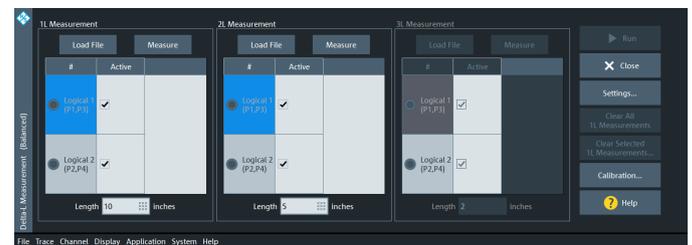
**Рис. 6: настройки алгоритма Delta-L в R&S®ZNX-K231**



**Рис. 7: процедура измерения Delta-L — пример метода 3L**



**Рис. 8: процедура измерения Delta-L — пример метода 2L**



## Заключение

Векторные анализаторы цепей R&S®ZNA, R&S®ZNB, R&S®ZNBT и R&S®ZND обладают всеми необходимыми функциями для проведения испытаний на целостность сигнала в цифровых устройствах с высокой скоростью передачи данных. Опция R&S®ZNx-K231 включает в себя процедуру измерения до версии Delta-L 4.0, требуемой для PCIe 5.0 и PCIe 6.0. Алгоритм Delta-L 4.0 поддерживает частоты до 40 ГГц и позволяет целенаправленно измерять вносимые потери на дюйм для отрезков проводников на определенном слое печатной платы.

## Рис. 9: вносимые потери на дюйм со сглаживанием и без сглаживания

Кроме того, вносимые потери на дюйм и погрешность на выбранных частотах отображаются на сглаженной кривой (оранжевая линия).



## Информация для заказа программных опций Delta-L

Обозначение	Тип	Код заказа
<b>Delta-L 4.0 для определения характеристик печатных плат, полный анализ 1L, 2L и 3L на основе метода Intel Delta-L 4.0</b>		
Для R&S®ZNA	R&S®ZNA-K231	1339.3922.02
Для R&S®ZNB	R&S®ZNB-K231	1328.8628.02
Для R&S®ZNBT	R&S®ZNBT-K231	1328.8663.02
Для R&S®ZND	R&S®ZND-K231	1328.8705.02

**Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG**  
www.rohde-schwarz.com

**Тренинги Rohde & Schwarz**  
www.training.rohde-schwarz.com

**Служба поддержки Rohde & Schwarz**  
www.rohde-schwarz.com/support

R&S® является зарегистрированным торговым знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG  
Фирменные названия являются торговыми знаками их владельцев  
PD 5216.3489.98 | Версия 01.00 | января 2023 г. (ch)  
Испытания на вносимые потери электропроводящих цепей печатных плат с помощью алгоритма Delta-L 4.0  
Данные без допусков не влекут за собой обязательств | Допустимы изменения  
© 2023 Rohde & Schwarz GmbH Co. KG | 81671 Мюнхен, Германия