

# ЗАЗЕМЛЯТЬ ИЛИ НЕ ЗАЗЕМЛЯТЬ — ЗНАКОМАЯ ДИЛЕММА ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ ПРОБНИКОВ

Высокоскоростные последовательные интерфейсы зачастую передают данные с помощью дифференциальных сигналов, а для доступа к трассам сигналов могут использоваться дифференциальные пробники. В дополнение к дифференциальным входам, эти пробники имеют заземляющий вывод.

При подключении модульных многорежимных пробников R&S®RT-ZMxx важно ответить на следующий вопрос: подключать или не подключать заземление пробника (GND) к испытываемому устройству?

## Решение компании Rohde & Schwarz

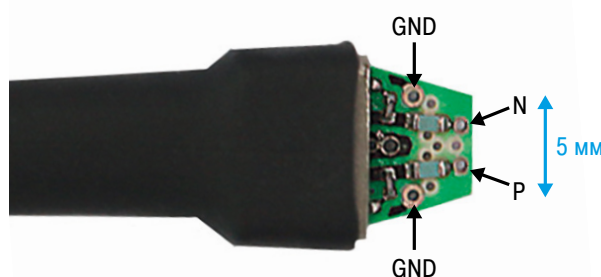
Высокоэффективный осциллограф R&S®RTP — это идеальное универсальное решение для испытаний высокоскоростных цифровых интерфейсов. Модульные пробники R&S®RT-ZMxx с широким выбором наконечников (R&S®RT-ZMAxx) и принадлежностей позволяют легко получать сигналы передачи данных, а также отлично решают сложные вопросы механического и электрического подключения в целях повышения точности измерений.

## Области применения

При испытаниях высокоскоростных цифровых интерфейсов решающую роль играет способ подключения схемы. Сначала необходимо решить, требуется ли анализ сигнала передачи данных между хостом и устройством или испытание на соответствие. При анализе сигнала передачи данных между хостом и устройством пробник R&S®RT-ZM160 можно использовать в целях захвата сигнала в реальном масштабе времени. При испытаниях на соответствие требуется стандартизированная измерительная плата, способная захватывать сигнал с помощью стандартного оборудования 50 Ом (кабель, разъем, зонд и пр.).

В этом руководстве по применению рассматривается анализ сигнала передачи данных для стандартного устройства флэш-памяти USB 3.2 1-го поколения. После проверки всех параметров, таких как полоса пропускания, диапазон рабочего напряжения и нагрузки, возьмите пробник R&S®RT-ZM160 и наконечник R&S®RT-ZMA10 и припаяйте наконечник (см. рис. 1) с выводами P, N, GND к интерфейсу USB на устройстве флэш-памяти (порт TX), а затем подключите устройство флэш-памяти к настольному ПК.

Рис. 1: Припаяваемый наконечник пробника R&S®RT-ZMA10



Руководство по применению  
Версия 01.02

**ROHDE & SCHWARZ**

Make ideas real



Сначала проверьте целостность дифференциального сигнала (режим DM) на глазковой диаграмме (см. рис. 2). На показанной здесь глазковой диаграмме видны некоторые недочеты. Наблюдается высокий джиттер несмотря на то, что устройство подключено непосредственно к передатчику, а также низкая добротность вследствие смещения и несимметричности дифференциального сигнала относительно 0 В.

Для начала исследуйте проблему с постоянным током и выясните причину смещения в дифференциальном сигнале. При помощи функции запуска по длительности (1 нс) захватите пять бит одинаковой полярности для часто появляющегося параметра SKP (K28.1). После этого измерьте кривые для дифференциального сигнала, синфазного сигнала, Р и N (см. рис. 3). Измеритель пробника и измерение среднего значения синфазного сигнала поддерживают измерение параметров постоянного тока.

Видно, что кривые Р и N проходят симметрично относительно кривой синфазного сигнала. Это вызывает два вопроса. Во-первых, если кривые Р и N симметричны относительно значения постоянного тока

(зеленый синфазный сигнал), кривая дифференциального сигнала должна быть симметрична относительно 0 В, поскольку значение постоянного тока скомпенсировано. Во-вторых, значение синфазного сигнала (6 мВ) на измерителе пробника не совпадает с измеренным средним значением синфазного сигнала (137 мВ). С учетом этого следует полностью проверить схему в дополнение к обычным осциллограммам высокоскоростных интерфейсов. Полезно будет исследовать соединения питания (см. рис. 4), а также с помощью цифрового мультиметра убедиться в том, что сопротивление между легко доступным экраном USB и заземлением осциллографа составляет менее 10 МОм с отсоединенным пробником.

Настольный ПК, USB-носитель и осциллограф с пробником R&S®RT-ZM изображены на эквивалентной схеме (см. рис. 4). Соответствующее напряжение питания, т. е. напряжение шины USB (VDD 5 В) показано на схеме наряду с линиями высокоскоростной передачи и приема данных по USB. Значения сопротивлений в контуре питания ( $R_E$ ,  $R_{\text{экран}}$ ,  $R_T$ ,  $R_C$ ) используются наряду со значениями напряжения питания.

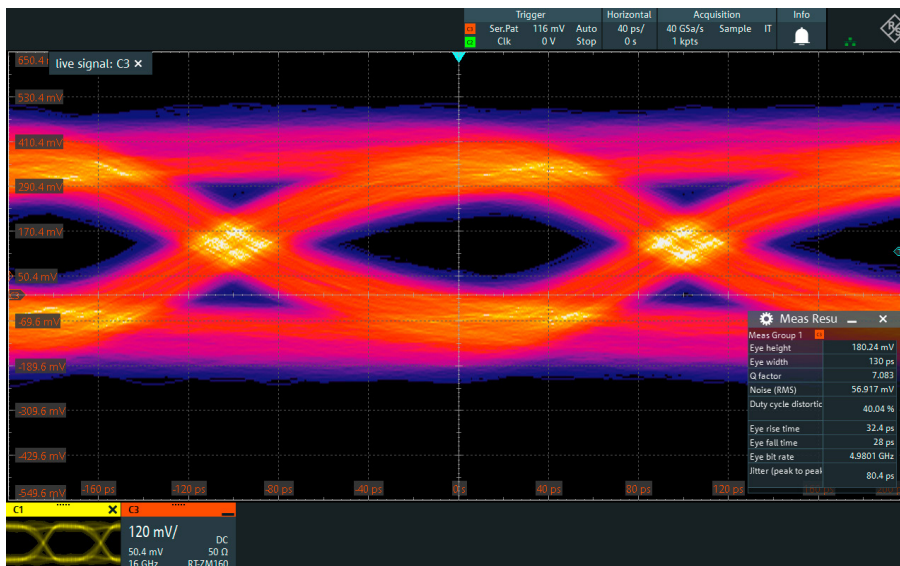


Рис. 2: Глазковая диаграмма дифференциального сигнала после соединения выводов Р, N, GND

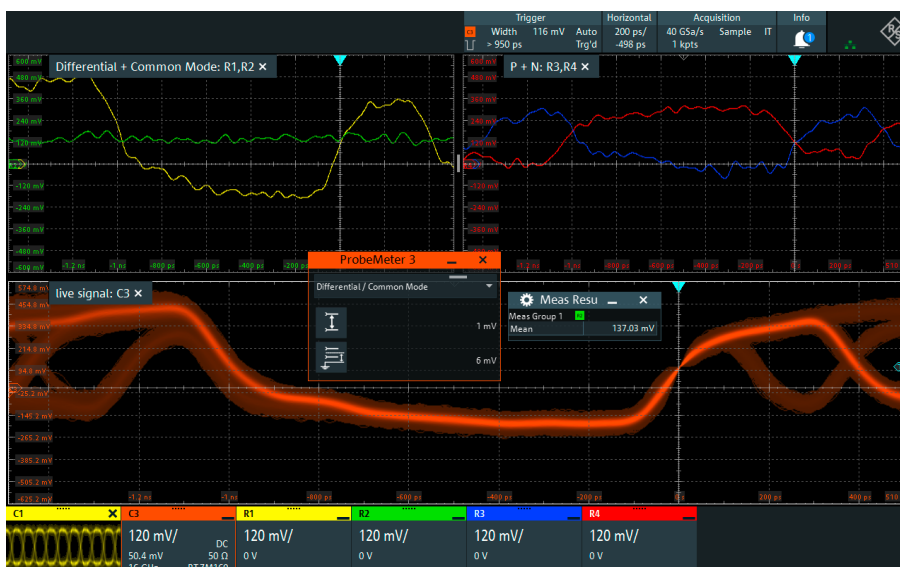


Рис. 3: Разделение сигнала на составляющие: дифференциальный сигнал (R1), синфазный сигнал (R2), Р (R3) и N (R4)

$R_E$  = резистивная нагрузка защитного заземления ( $< 10$  мОм).  $R_{\text{экран}}$  = сопротивление экрана кабеля пробника (ок. 30 мОм).  $R_T$  = сопротивление линии хоста (макс. 167 мОм), а  $R_C$  = сопротивление парного разъема (макс. 30 мОм). Значения  $R_T$  и  $R_C$  регламентированы спецификацией USB 3.2, раздел 11.4.2 (см. таблицу ниже).  $R_T$ ,  $R_C$  вместе с  $R_E$  и  $R_{\text{экран}}$  образуют делитель тока для тока утечки на землю в USB-носителе, если подключен обозначенный голубым цветом заземляющий вывод наконечника пробника. Далее анализируется влияние сети и принимается исполнение с одной третью от максимальных значений  $R_T$  и  $R_C$ . Это означает, что значения приблизительно равны сопротивлениям  $R_E$  или  $R_{\text{экран}}$ .

Значимый постоянный ток обозначается как  $I_{VDD}$  и протекает через коаксиальный экран пробника. При условии, что из сигнала данных USB извлекается ток питания 500 мА, протекающий через пробник и осциллограф ток составляет ок. 300 мА, что соответствует перепаду напряжения 9 мВ на экране кабеля пробника.

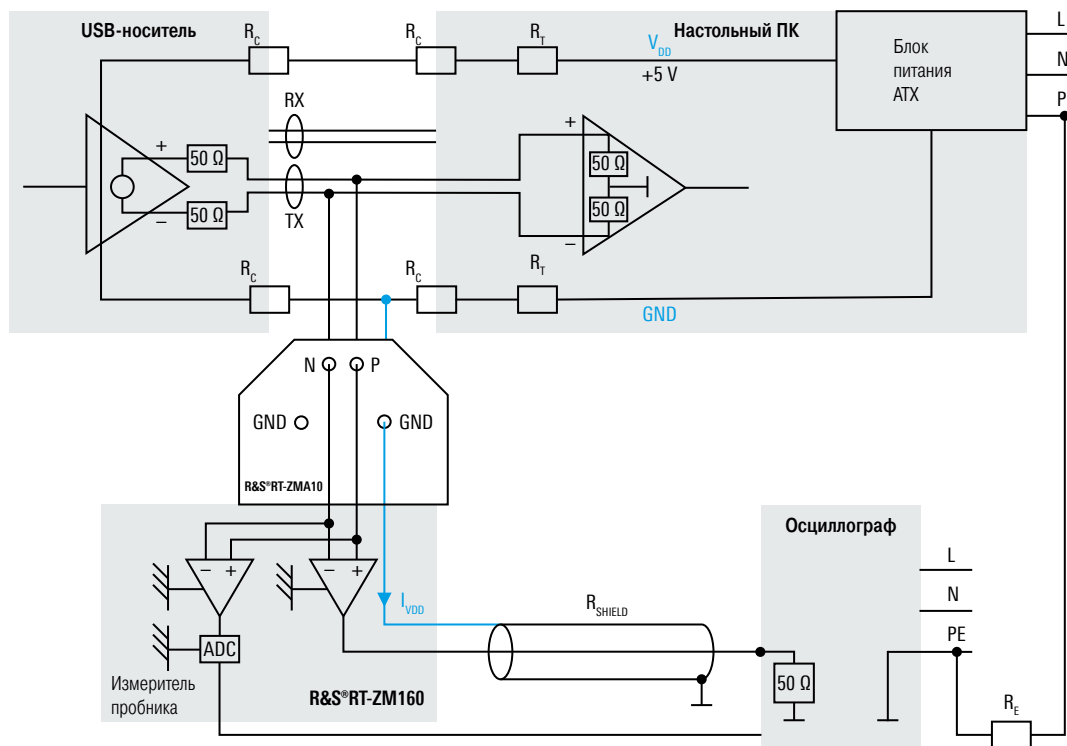
Усилитель в наконечнике пробника работает относительно местного заземления, а вход осциллографа работает относительно общего

заземления, поэтому разность потенциалов между наконечником и корпусом составляет 9 мВ. Этим значением можно было бы пренебречь, если бы не затухание пробника 10:1 или 2:1 в зависимости от вертикального масштаба. Здесь программное обеспечение перемножает все напряжения входных портов с подключенным пробником, используя обратное затухание, поэтому разность 9 мВ превращается в 90 мВ при затухании 10:1.

Данный эффект явно виден в дифференциальном сигнале, т. к. сигнал преобразуется из дифференциального в асимметричный сигнал на усилителе в наконечнике пробника с точки отсчета относительно местного заземления пробника, а затем добавляется сдвиг потенциала 9 мВ.

Еще один побочный эффект вызывает АЦП в сигнальном тракте осциллографа, который работает относительно общего заземления, тогда как АЦП измерителя пробника работает относительно местного заземления испытуемого устройства, что ведет к явной разности синфазного напряжения (6 мВ против 137 мВ).

Рис. 4: Эквивалентная схема



Макс. сопротивление контура питания USB		
Сопротивление линии хоста	$R_B$	167 мОм
Сопротивление парного разъема	$R_C$	30 мОм
Сопротивление кабеля	$R_W$	190 мОм

## Решение

Данная проблема решается очень просто. Проверьте технические данные, чтобы убедиться в том, что диапазон рабочего напряжения достаточно большой, и затем отсоедините заземляющий вывод наконечника пробника от USB-носителя. Теперь через экран больше не протекает ток, и перепад напряжения больше не оказывает влияния на измерение. Новая глазковая диаграмма показывает удовлетворительный результат: отсутствие смещения постоянной составляющей тока и улучшение большинства параметров глазкового измерения (см. рис. 5). Измеритель пробника и измерение среднего значения для синфазного сигнала (R2) теперь имеют сравнимые значения.

Обратите внимание, что данное решение действует для конкретной схемы. Другие схемы могут не работать с отсоединенным заземляющим выводом наконечника пробника, особенно при измерениях CM, N и P. Кроме того, следует принимать во внимание, что данная ситуация не связана только с технологией USB. Если подключить тот же USB-носитель с наконечником пробника к ноутбуку или какому-либо

другому устройству с автономным питанием, ситуация существенно изменится и потребуются соединение на землю ввиду отсутствия контура заземления от защитного заземления.

В рассматриваемой схеме главной помехой является постоянный ток, тогда как в других схемах источником затруднений может стать индуктивная нагрузка в контуре питания.

## Заключение

Осциллограф R&S®RTP и модульный пробник (например, R&S®RT-ZM160) отлично подходят для захвата и анализа высокоскоростных цифровых сигналов. Данную комбинацию также можно использовать для отладки контуров питания и контуров заземления с помощью измерителя пробника и переключения режимов пробника между дифференциальным и синфазным сигналами. Универсальное решение не существует. Необходимо проверять проблемы с заземлением для каждой конкретной схемы и затем принимать соответствующие меры для поиска оптимального решения.

Рис. 5: Глазковая диаграмма дифференциального сигнала после отсоединения вывода GND на наконечнике пробника

