

80E01, 80E02, 80E03, 80E04 и 80E06
Электрические импульсные модули
Руководство по эксплуатации



077-0343-00

Tektronix

80E01, 80E02, 80E03, 80E04 и 80E06
Электрические импульсные модули
Руководство по эксплуатации

Настоящий документ применяется к микропрограммному обеспечению версии 1.00 и более поздних версий.

www.tektronix.com

077-0343-00

Tektronix

Copyright © Tektronix. Все права защищены. Лицензированные программные продукты являются собственностью компании Tektronix, ее филиалов или ее поставщиков и защищены национальным законодательством по авторскому праву и международными соглашениями.

Изделия корпорации Tektronix защищены патентами и патентными заявками в США и других странах. Приведенные в данном руководстве сведения заменяют любые ранее опубликованные. Права на изменение спецификаций и цен сохранены.

TEKTRONIX и ТЕК являются зарегистрированными товарными знаками Tektronix, Inc.

Как связаться с корпорацией Tektronix

Tektronix, Inc.
14200 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
USA

Сведения о продуктах, продажах, услугах и технической поддержке.

- В странах Северной Америки по телефону 1-800-833-9200.
- В других странах мира — см. сведения о контактах для соответствующих регионов на веб-узле www.tektronix.com.

Гарантия

Корпорация Tektronix гарантирует, что в данном продукте не будут обнаружены дефекты материалов и изготовления в течение 1 (одного) года со дня поставки. Если в течение гарантийного срока в таком изделии будут обнаружены дефекты, корпорация Tektronix, по своему выбору, либо устранит неисправность в дефектном изделии без дополнительной оплаты за материалы и потраченное на ремонт рабочее время, либо произведет замену неисправного изделия на исправное. Компоненты, модули и заменяемые изделия, используемые корпорацией Tektronix для работ, выполняемых по гарантии, могут быть как новые, так и восстановленные с такими же эксплуатационными характеристиками, как у новых. Все замененные части, модули и изделия становятся собственностью корпорации Tektronix.

Для реализации своего права на обслуживание в соответствии с данной гарантией необходимо до истечения гарантийного срока уведомить корпорацию Tektronix об обнаружении дефекта и выполнить необходимые для проведения гарантийного обслуживания действия. Ответственность за упаковку и доставку неисправного изделия в центр гарантийного обслуживания корпорации Tektronix, а также предоплата транспортных услуг возлагается на владельца. Корпорация Tektronix оплачивает обратную доставку исправного изделия заказчику только в пределах страны, в которой расположен центр гарантийного обслуживания. Доставка исправного изделия по любому другому адресу должна быть оплачена владельцем изделия, включая все расходы по транспортировке, пошлины, налоги и любые другие расходы.

Данная гарантия перестает действовать в том случае, если дефект, отказ в работе или повреждение изделия вызваны неправильным использованием, хранением или обслуживанием изделия. В соответствии с данной гарантией корпорация Tektronix не обязана: а) исправлять повреждения, вызванные действиями каких-либо лиц (кроме сотрудников Tektronix) по установке, ремонту или обслуживанию изделия; б) исправлять повреждения, вызванные неправильной эксплуатацией изделия или его подключением к несовместимому оборудованию; в) исправлять повреждения или неполадки, вызванные использованием расходных материалов, отличных от рекомендованных корпорацией Tektronix; а также г) обслуживать изделие, подвергшееся модификации или интегрированное с иным оборудованием таким образом, что это увеличило время или сложность обслуживания изделия.

ДАННАЯ ГАРАНТИЯ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ ТЕКТРОНИХ НА ДАННОЕ ИЗДЕЛИЕ НА УСЛОВИЯХ ЗАМЕНЫ ЛЮБЫХ ДРУГИХ ГАРАНТИЙ, ДАННЫХ ЯВНО ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАВШИХСЯ. КОРПОРАЦИЯ ТЕКТРОНИХ И ЕЕ ПОСТАВЩИКИ ОТКАЗЫВАЮТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ДРУГИХ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ ТОВАРНОСТИ ИЛИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ДРУГИХ ЦЕЛЕЙ. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ КОРПОРАЦИИ ТЕКТРОНИХ ПО ДАННОМУ ГАРАНТИЙНОМУ ОБЯЗАТЕЛЬСТВУ ОГРАНИЧИВАЕТСЯ ТОЛЬКО РЕМОНТОМ ИЛИ ЗАМЕНОЙ ДЕФЕКТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЗАКАЗЧИКАМ. КОРПОРАЦИЯ ТЕКТРОНИХ И ЕЕ ПОСТАВЩИКИ НЕ НЕСУТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА КОСВЕННЫЙ, СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО ОПОСРЕДОВАННЫЙ УЩЕРБ ДАЖЕ В ТОМ СЛУЧАЕ, ЕСЛИ ПРЕДСТАВИТЕЛИ КОРПОРАЦИИ ТЕКТРОНИХ БЫЛИ ЗАРАНЕЕ УВЕДОМЛЕНЫ О ВОЗМОЖНОСТИ ТАКОГО УЩЕРБА.

[W2 – 15AUG04]

Оглавление

Общие правила техники безопасности	v
Защита окружающей среды	vii
Предисловие	ix
Структура руководства по эксплуатации	ix
Сопутствующая документация	ix
Приступая к работе	1
Описание прибора	1
Варианты комплектации и принадлежности	3
Опции	4
Стандартные принадлежности	4
Дополнительные принадлежности	4
Установка	5
Электростатический разряд	6
Рабочая станция, управляемая статическим электричеством	8
Установка модуля	8
Компенсация	9
Основы работы	11
Практика обращения	11
Элементы управления передней панели	11
Сигнальный разъем	12
Выбор канала	12
Разъем TEKPROBE	13
Индикатор включения функции TDR	13
Взаимодействие в системе	13
Команды, подаваемые с передней панели основного прибора	13
Команды интерфейса программиста	14
Пользовательская регулировка	14
Чистка	15
Справочная информация	17
Проведение измерений методом TDR	17
Для чего это нужно?	17
Каковы особенности?	17
Каковы исключения?	17
Пояснения к использованию	18
Чтобы провести измерения методом TDR	21
Основные аспекты измерений методом TDR	26
Причина возникновения отраженных сигналов	27
Диапазон измерения методом TDR	29
Определение скорости распространения и расположения несоответствий	30

Единицы измерения, применяемые в методе TDR	30
Проведение прецизионных измерений методом TDR	31
Проведение дифференциальных и синфазных измерений методом TDR	32
Для чего это нужно?	32
Каковы особенности?	33
Каковы исключения?	33
Пояснения к использованию	33
Проведение синфазного или дифференциального измерения методом TDR	33
Настройка компенсации временного запаздывания ступенчатого сигнала TDR	38
Требования по уходу за разъемом и адаптером	39
Электростатический разряд	39
Визуальная проверка	40
Чистка разъемов	41
Сборка и затяжка соединений	43
Измерение полного сопротивления TDR	46
Обнаружение перегоревших входов	46
Проверка на наличие повреждений	46
Предотвращение электрического перенапряжения (EOS)	47
Предотвращение	48
Проверка на наличие повреждений	48
Технические характеристики	51
Электрические импульсные модули	51
Словарь терминов	
Предметный указатель	

Список рисунков

Рис. 1: Принципиальная схема импульсного модуля	3
Рис. 2: Импульсный модуль, показан модуль 80E04	3
Рис. 3: Отсеки для импульсных модулей	6
Рис. 4: Установка импульсного модуля	9
Рис. 5: Импульсный модуль, показан модуль 80E04	12
Рис. 6: Диалоговое окно Vertical Setup (настройка по вертикали)	14
Рис. 7: Принципиальная электрическая схема генератора ступенчатого сигнала – положительная полярность	18
Рис. 8: Генератор ступенчатого сигнала с закороченным выходом	19
Рис. 9: Генерирование ступенчатого сигнала с нагрузкой в 50 Ом	19
Рис. 10: Генерирование ступенчатого сигнала с разомкнутым контуром	20
Рис. 11: Изображения сигналов в методе TDR для типичных видов нагрузки	21
Рис. 12: Неоднородности в микрополосковой линии – пример	27
Рис. 13: Осциллограмма TDR для примера с неоднородностями в микрополосковой линии	28
Рис. 14: Ступенчатый сигнал TDR и его отражение (короткое замыкание)	29
Рис. 15: Ступенчатый сигнал TDR и его отражение (линия сопротивлением 50 Ом с конечной нагрузкой 75 Ом)	31
Рис. 16: Ступенчатый сигнал TDR неповрежденного импульсного модуля	47
Рис. 17: Первый пример – погрешность, возникающая в результате электрического перенапряжения	49
Рис. 18: Второй пример – накопление погрешности в результате многократных электрических перенапряжений	50

Список таблиц

Таблица 1: Требуемая версия прикладного программного обеспечения	1
Таблица 2: Характеристики импульсного модуля	1
Таблица 3: Стандартные принадлежности	4
Таблица 4: Дополнительные принадлежности	4
Таблица 5: Информация о динамометрическом ключе	46
Таблица 6: Электрические импульсные модули – Описания	51
Таблица 7: Электрические импульсные модули – Регистрация сигнала	52
Таблица 8: Электрический импульсный модуль (80E04) – Система TDR	54
Таблица 9: Электрические импульсные модули – Система временной развертки	55
Таблица 10: Электрические импульсные модули – Потребляемая мощность	55
Таблица 11: Электрические импульсные модули – Механические характеристики	55

Общие правила техники безопасности

Во избежание травм, а также повреждений данного изделия и подключаемого к нему оборудования необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности.

Используйте изделие в строгом соответствии с инструкциями, чтобы исключить фактор риска.

Процедуры по обслуживанию устройства могут выполняться только квалифицированным персоналом.

Во время работы с прибором может потребоваться доступ к другим компонентам системы. Прочтите разделы по технике безопасности в руководствах по работе с другими компонентами и ознакомьтесь с мерами предосторожности и предупреждениями, связанными с эксплуатацией системы.

Пожарная безопасность и предотвращение травм

Используйте защитное заземление. Прибор заземляется через провод заземления шнура питания базового компьютера. Во избежание поражения электрическим током соответствующий контакт кабеля питания должен быть заземлен. Проверьте наличие защитного заземления, прежде чем выполнять подсоединение к выходам и входам прибора.

Соблюдайте ограничения на параметры разъемов. Во избежание воспламенения или поражения электрическим током проверьте все допустимые номиналы и маркировку на приборе. Перед подсоединением прибора просмотрите дополнительные сведения по номинальным ограничениям, содержащиеся в руководстве к прибору.

Не используйте прибор с открытым корпусом. Использование прибора со снятым кожухом или защитными панелями не допускается.

Не пользуйтесь неисправным прибором. Если имеется подозрение, что прибор поврежден, передайте его для осмотра специалисту по техническому обслуживанию.

Избегайте прикосновений к оголенным участкам проводки. Не прикасайтесь к неизолированным соединениям и компонентам, находящимся под напряжением.

Пользуйтесь средствами для защиты зрения. При наличии интенсивных световых потоков или лазерного излучения используйте средства для защиты зрения.

Не пользуйтесь прибором в условиях повышенной влажности.

Не пользуйтесь прибором во взрывоопасных средах.

Не допускайте попадания влаги и загрязнений на поверхность прибора.

Условные обозначения в данном руководстве.

Ниже приводится список условных обозначений, используемых в данном руководстве.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Предупреждения о действиях и условиях, представляющих угрозу для жизни или способных нанести вред здоровью.



ОСТОРОЖНО. Предостережения о действиях и условиях, способных привести к повреждению данного прибора или другого оборудования.

Символы и условные обозначения в данном руководстве

Ниже приводится список возможных обозначений на изделии.

- Обозначение DANGER (Опасно!) указывает на непосредственную опасность получения травмы.
- Обозначение WARNING (Внимание!) указывает на возможность получения травмы при отсутствии непосредственной опасности.
- Обозначение CAUTION (Осторожно!) указывает на возможность повреждения данного изделия и другого имущества.

Ниже приводится список символов на изделии.



ОСТОРОЖНО
См. руководство



ОСТОРОЖНО
Высокое напряжение



Контактный
вывод
защитного
заземления

Защита окружающей среды

В этом разделе содержатся сведения о влиянии прибора на окружающую среду.

Утилизация прибора по окончании срока службы

При утилизации прибора и его компонентов необходимо соблюдать следующие правила:

Утилизация оборудования. Для производства этого прибора потребовалось извлечение и использование природных ресурсов. Прибор может содержать вещества, опасные для окружающей среды и здоровья людей в случае его неправильной утилизации. Во избежание утечки подобных веществ в окружающую среду и для сокращения расхода природных ресурсов рекомендуется утилизировать данный прибор таким образом, чтобы обеспечить максимально полное повторное использование материалов.



Этот символ означает, что данный прибор соответствует требованиям Европейского Союза согласно директивам 2002/96/EC и 2006/66/EC об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE) и элементов питания. Сведения об условиях утилизации см. в разделе технической поддержки на веб-сайте Tektronix (www.tektronix.com).

Ограничение распространения опасных веществ

Прибор относится к контрольно-измерительному оборудованию и не подпадает под действие директивы 2002/95/EC RoHS.

Предисловие

Перед вами руководство по эксплуатации импульсных модулей 80E01, 80E02, 80E03, 80E04 и 80E06. Оно содержит следующие сведения:

- Описание возможностей импульсных модулей и их установки
- Объяснение порядка работы с импульсными модулями: управление процедурами регистрации, обработка и ввод-вывод данных
- Список технических характеристик импульсных модулей

Самую новую версию пользовательской документации можно загрузить, зайдя на веб-сайт компании Tektronix <http://www.tektronix.com>. Выберите ссылку Manuals (руководства по эксплуатации), после чего, чтобы найти соответствующий документ, введите номер по каталогу или название изделия.

Можно также заказать печатную версию этого руководства по эксплуатации. (См. стр. 3, *Варианты комплектации и принадлежности*.)

Структура руководства по эксплуатации

Руководство по эксплуатации состоит из следующих глав:

- *Приступая к работе*: здесь показано, как настроить и установить импульсный модуль.
- *Основы работы*: здесь описано управление импульсным модулем при помощи передней панели и интерфейса пользователя основного прибора.
- *Справочная информация*: содержит дополнительные сведения, включая технические характеристики; детальное описание всех команд программирования находится в «Электронном руководстве по программированию» основного прибора.

Сопутствующая документация

Настоящий документ включает в себя описание установки и применения импульсного модуля и его функций. Информацию об основном приборе, в котором используется импульсный модуль, см. в документации пользователя и электронной справке, входящей в комплект основного прибора.

Приступая к работе

Импульсные модули Tektronix 80E01, 80E02, 80E03, 80E04 и 80E06 представляют собой высокопроизводительные модули, которые могут устанавливаться в следующие основные приборы:

- Последовательный анализатор цифровой информации DSA8200
- Анализаторы сигналов связи CSA8000, CSA800B и CSA8200
- Цифровые импульсные осциллографы TDS8000, TDS8000B и TDS8200

Для надежного функционирования электрических импульсных модулей необходимо, чтобы на основном приборе было установлено соответствующее прикладное программное обеспечение. В приведенной ниже таблице показано, что каждая новая версия программного обеспечения поддерживает дополнительные электрические модули, равно как и все электрические модули поддерживаются программным обеспечением более ранних версий.

Чтобы просмотреть версию установленной программы, выберите пункт *About* (о программе) в меню *Help* (справка) основного прибора.

Таблица 1: Требуемая версия прикладного программного обеспечения

Требуемая версия программного обеспечения для приборов DSA8200 и TDS/CSA8000	Дополнительные поддерживаемые модули
1.0.0 или более новая ¹	80E01, 80E02, 80E03, 80E04
1.4.0 или более новая ¹	80E06

¹ Версия 1.x.x прикладного программного обеспечения для прибора требует установки операционной системы Windows 98.

Описание прибора

Импульсные модули обладают характеристиками, приведенными в следующей таблице.

Таблица 2: Характеристики импульсного модуля

Характеристика	80E01	80E02	80E03	80E04	80E06
Количество независимых каналов	1	2	2	2	1
Время нарастания	7 пс, типичное значение ¹	≤28 пс	≤17,5 пс	≤17,5 пс	≤5,0 пс, типичное значение ¹
Полоса пропускания	50 ГГц	12,5 ГГц	20 ГГц	20 ГГц	70 ГГц, типичное значение
Отображаемый шум ³	≤2,3 мВ _{ср. кв.}	≤800 мкВ _{ср. кв.}	≤1,2 мВ _{ср. кв.}	≤1,2 мВ _{ср. кв.}	≤2,8 мВ _{ср. кв.}

Таблица 2: Характеристики импульсного модуля (прод.)

Характеристика	80E01	80E02	80E03	80E04	80E06
Кнопки выбора канала для быстрой идентификации кривой	Да	Да	Да	Да	Да
Максимальное неразрушающее входное напряжение	2 В (постоянный ток + пиковое значение переменного тока)	3 В (постоянный ток + пиковое значение переменного тока)	3 В (постоянный ток + пиковое значение переменного тока)	3 В (постоянный ток + пиковое значение переменного тока)	2 В (постоянный ток + пиковое значение переменного тока)
Чувствительность по вертикали, вся шкала	От 10 мВ до 1 В	От 10 мВ до 1 В	От 10 мВ до 1 В	От 10 мВ до 1 В	От 10 мВ до 1 В
Сигнальные разъемы ²	2,4 мм штекер – 2,92 мм (К) гнездо	3,5 мм гнездо	3,5 мм гнездо	3,5 мм гнездо	2,4 мм штекер – 2,92 мм (К) гнездо ⁴
Количество каналов TDR	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	2	Отсутствуют

¹ Время нарастания для модуля 80E01 оценивается по формуле: время нарастания = 0,35/полоса пропускания. Время нарастания для модуля 80E06 оценивается по формуле: время нарастания = 0,35/(типичная полоса пропускания).

² Прилагается адаптер 3,5 мм гнездо – 2,4 мм штекер.

³ Измерено при цене деления 1 пс/дел.

⁴ Поскольку разъем диаметром 2,4 мм этого адаптера должен механически стыковаться с разъемом диаметром 1,85 мм модуля 80E06, он служит в качестве адаптера 1,85 мм – 2,92 мм для модуля 80E06.

Как показано на следующем рисунке, импульсные модули имеют по два независимых канала (модули 80E01 и 80E06 имеют по одному каналу), каждый со своим собственным контуром сбора данных.

Стробящий задающий сигнал прибора управляет синхронизацией установки уровня стробирующего сигнала для каждой системы регистрации и гарантирует одновременность получения выборок в каналах импульсного модуля.



ОСТОРОЖНО. Во избежание электростатического повреждения основного прибора и импульсных модулей соблюдайте предосторожности, описанные в настоящем руководстве по эксплуатации и в сопровождающих прибор руководствах. (См. стр. 6, Электростатический разряд.)

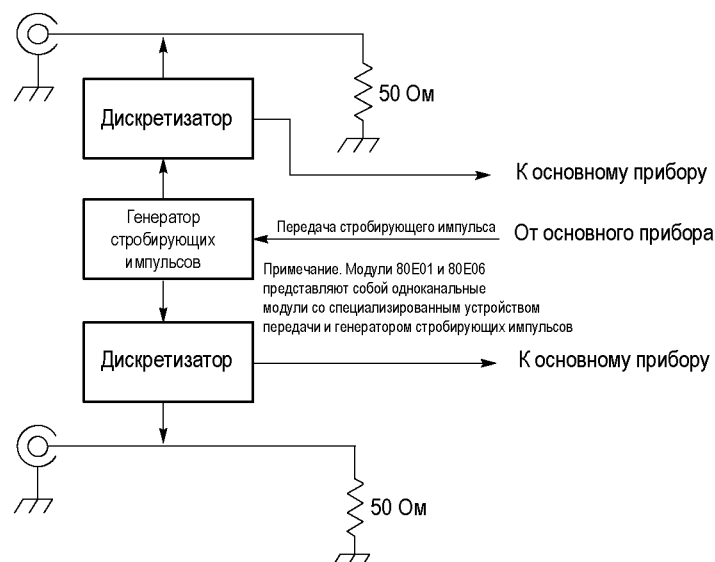


Рис. 1: Принципиальная схема импульсного модуля

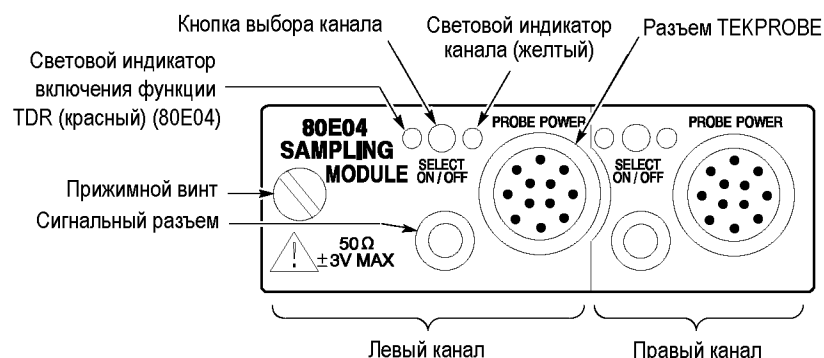


Рис. 2: Импульсный модуль, показан модуль 80E04

Варианты комплектации и принадлежности

В данном разделе перечислено стандартные и дополнительные принадлежности для импульсных модулей.

- Опции** Для импульсных модулей можно заказать следующие опции:
- Опция C3. Три года обслуживания по калибровке
 - Опция C5. Пять лет обслуживания по калибровке
 - Опция D3. Проверочные данные для обслуживания по калибровке в опции C3
 - Опция D5. Проверочные данные для обслуживания по калибровке в опции C5
 - Опция R3. Предоставление услуг по ремонту по завершении трех лет
 - Опция R5. Предоставление услуг по ремонту продлено на срок до пяти лет

Стандартные принадлежности Принадлежности, приведенные в следующей таблице поставляются в комплекте с импульсными модулями.

Таблица 3: Стандартные принадлежности

Элемент	Номер по каталогу
Сертификат с доступными для анализа данными калибровки при первой поставке	Не заказывается
Адаптер 2,4 мм штекер – 2,92 мм (К) гнездо (только для модулей 80E01 и 80E06) ¹	015-0703-xx
Нагрузка 50 Ом со штекером SMA (одна на канал)	015-1022-xx
Транспортировочный ящик с защитой от электростатического разряда	004-5091-xx
Транспортировочный ящик с защитой от электростатического разряда (только модуль 80E06)	004-5165-xx

¹ Поскольку разъем диаметром 2,4 мм этого адаптера должен механически стыковаться с разъемом диаметром 1,85 мм модуля 80E06, он служит в качестве разъема 1,85 мм – 2,92 мм для модуля 80E06.

Дополнительные принадлежности Принадлежности, перечисленные в следующей таблице, можно заказать для использования вместе с импульсным модулем в любое время после первой публикации данного руководства по эксплуатации. Следите за появлением добавлений, изменений и дополнительной информации, посещая веб-сайт Tektronix, или по текущему каталогу.

Таблица 4: Дополнительные принадлежности

Элемент	Номер по каталогу
Удлинительный кабель импульсного модуля (2 м) ¹	80N01
Аттенюатор 2X (SMA штекер – гнездо)	015-1001-xx

Таблица 4: Дополнительные принадлежности (прод.)

Элемент	Номер по каталогу
Аттенюатор 5X (штекер – гнездо)	015-1002-xx
Делитель мощности	015-0565-xx
Набор вспомогательных устройств SMA	020-1693-xx
Динамометрический ключ размером 8 мм с открытым зевом	Отсутствует
Штекер 3,5 мм – 3,5 мм гнездо SMA	015-0552-xx
Скользящий разъем SMA	015-0553-xx
Разъем 3,5 мм, 50 Ом (SMA штекер – гнездо)	015-0549-xx
Аттенюатор с минимальными потерями, BNC гнездо 75 Ом – 50 Ом типа N	131-0112-xx
Руководство по обслуживанию серий CSA8000 и TDS8000	071-0438-xx
Руководство по обслуживанию DSA8200	071-2049-xx
Выходная нагрузка, логические схемы с эмиттерными связями (ECL)	015-0558-xx
Защитное устройство для разъема, 3,5 мм SMA	015-0549-xx
Руководство по эксплуатации электрического импульсного модуля 80E00 (печатный вариант)	071-0434-xx

¹ Удлинительный кабель позволяет увеличить досягаемость импульсного модуля. Удлинитель устанавливается между импульсным модулем и прибором, позволяя эксплуатировать импульсный модуль, когда он находится вне модульного отсека. Если была произведена компенсация модуля, установленного в основной инструмент, после чего модуль был выдвинут при помощи удлинителя или, наоборот, вдвинут, произведите повторную компенсацию модуля. (См. стр. 9, *Компенсация*.)

Установка

Импульсные модули устанавливаются в переднюю панель основного инструмента. На следующем рисунке изображена передняя панель прибора DSA8200 и места расположения отсеков для импульсных модулей.

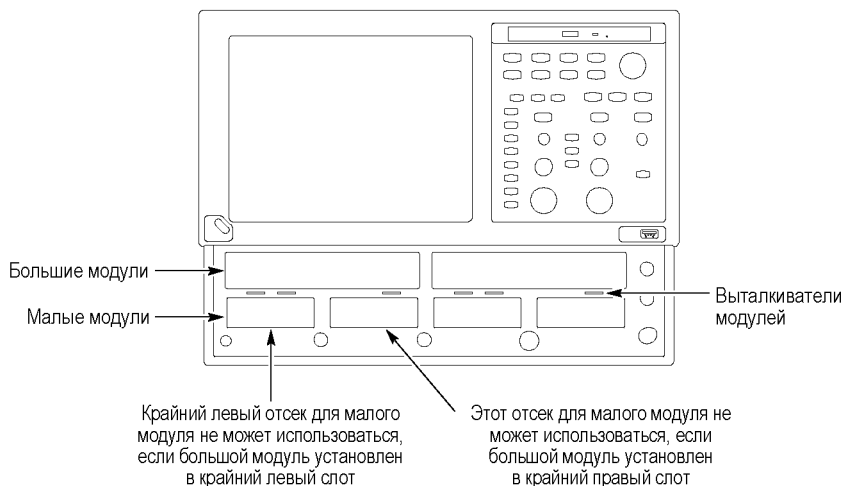


Рис. 3: Отсеки для импульсных модулей

В прибор должен быть установлен по крайней мере один импульсный модуль для оцифровки сигналов.

ПРИМЕЧАНИЕ. Установка большого модуля в самое левое гнездо приводит к отключению самого левого отсека для малого модуля. Установка большого модуля в самое правое гнездо приводит к отключению второго слева отсека для малого модуля.

В каждом приборе предусмотрено четыре канала для больших отсеков, по два на импульсный модуль, и восемь каналов для малых отсеков, также по два на импульсный модуль. Одновременно можно использовать восемь из десяти имеющихся каналов.

Электростатический разряд

Во избежание повреждения электростатическим разрядом основного прибора

и импульсных модулей соблюдайте предосторожности, описанные в настоящем руководстве по эксплуатации и в руководствах, прилагаемых к основному прибору.

Электрическая схема импульсного модуля очень восприимчива к повреждению электростатическим разрядом или сигналами, идущими с перегрузкой. Следите за тем, чтобы импульсный модуль эксплуатировался только в контролируемой с точки зрения электростатического состояния окружающей среде. Следите за тем, чтобы для электростатического заряда, накапливающегося в центральном и наружном разъемах кабелей, перед подсоединением кабеля к импульсному модулю был обеспечен сток в контур заземления.

Знайте источник анализируемого сигнала. Если он способен создавать перенапряжения, безопасней не зависеть от защитных настроек источника сигнала, а использовать внешний аттенюатор, защищающий вход на случай возникновения неблагоприятных условий. Например, для источника напряжения с максимальным значением 20 В, подключенного к импульсному модулю, рассчитанному не более, чем на напряжение 3 В, используйте аттенюатор 10X (десятикратный). Там, где это возможно, подключайте кабели сначала к источнику сигнала, а затем – к импульсному модулю.



ОСТОРОЖНО. Во избежание повреждений, связанных с воздействием электростатического разряда, установите окончательную нагрузку сопротивлением 50 Ом на каждый разъем импульсного модуля перед его извлечением из прибора, или если он не используется. Храните импульсный модуль в контейнере, недоступном для статического электричества, например, в транспортном контейнере. При перестановке импульсного модуля с одного прибора на другой для его транспортировки используйте защищенный от статического электричества контейнер.

Во избежание повреждения импульсного модуля перед подсоединением к нему кабелей обеспечьте для электростатического заряда, накапливающегося на центральном и наружном разъемах кабелей, сток в контур заземления.

Во избежание повреждения импульсного модуля не создавайте антенну для электростатического разряда, оставляя присоединенными к входу модуля кабели, другие концы которых свободны.

Во избежание повреждения импульсного модуля или прибора никогда не устанавливайте и не снимайте модуль, если прибор находится под напряжением.

При работе с импульсными модулями или при сборке сигнальных соединений всегда используйте заземляющий браслет (входит в комплектацию прибора). При обращении с импульсными модулями носите антистатическую одежду и работайте на рабочей станции, защищенной от воздействия статического электричества.

При работе с функцией TDR используйте защитный модуль Tektronix 80A02 EOS/ESD от электрического перенапряжения и электростатического разряда.

Во избежание повреждения импульсного модуля или прибора не подавайте напряжение, превышающее максимальное входное напряжение, на данный модуль. (См. таблицу 7 на странице 52.)

**Рабочая станция,
управляемая
статическим
электричеством**

Информацию о создании управляемой статическим электричеством рабочей станции см. в документе Ассоциации электронной промышленности EIA-625; *Требования по обращению с устройствами, чувствительными к электростатическому разряду (ESDS).*

Используйте защитный модуль Tektronix 80A02 EOS/ESD для защиты импульсного модуля от повреждения, вызываемого электростатическим разрядом, исходящим от монтажных плат и кабелей. Используйте модуль 80A02 в задачах, где на проверяемом устройстве могут скапливаться большие статические заряды, например, при проверке монтажных плат TDR или кабелей.

Для надлежащей установки и использования см. документацию, поставляемую с модулем 80A02.

Установка модуля

Чтобы установить импульсный модуль, сначала выключите питание прибора при помощи выключателя On/Standby (включение/ожидание), находящегося на передней панели. Затем поместите импульсный модуль в отсек и медленно, но уверенно втолкните его вовнутрь. Как только импульсный модуль сядет на место, вверните в него прижимной винт и притяните к месту посадки. (См. рис. 4.)



ОСТОРОЖНО. Во избежание повреждения импульсного модуля или прибора ни в коем случае не устанавливайте и не извлекайте модуль при включенном приборе или при каком-либо незащищенном входном разъеме.

ПРИМЕЧАНИЕ. При снятии импульсного модуля сначала ослабьте прижимной винт, после чего воспользуйтесь выталкивателем модуля на основном приборе, чтобы извлечь модуль.

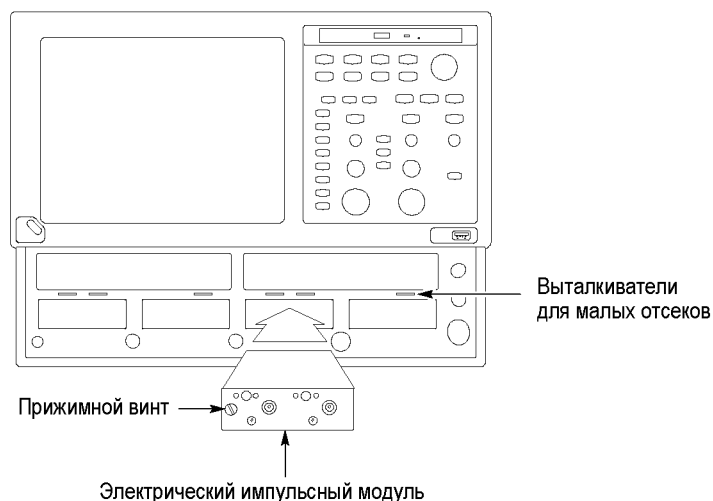


Рис. 4: Установка импульсного модуля

Компенсация

После установки импульсного модуля или после его перемещения из одного отсека в другой необходимо, используя меню Utilities (сервис), запустить компенсацию, позволяющую выйти на заявленные технические характеристики прибора. Также запускайте компенсацию (с помощью меню Utilities (сервис)), когда выполняете следующие операции:

- Установка удлинителя импульсного модуля 80E00 между прибором и модулем 80E00, где он ранее не использовался.
- Извлечение удлинителя импульсного модуля 80E00, находящегося между прибором и модулем 80E00, где он использовался ранее в течение некоторого времени.
- Замена удлинителя на удлинитель другой длины.

Инструкции по запуску компенсации см. в разделе *Повышение точности измерений* электронной справки основного прибора.

Основы работы

Настоящая глава знакомит пользователя с работой импульсного модуля. В ней описаны элементы управления и разъемы, находящиеся на передней панели, взаимодействие импульсного модуля с основным прибором, программирование импульсного модуля и доступные пользователю возможности регулировки.

Практика обращения

На приведенном ниже рисунке изображена передняя панель импульсного модуля с кнопками, индикаторами и разъемами. (См. рис. 5.)



ОСТОРОЖНО. Во избежание повреждения импульсного модуля или прибора не подавайте на данный модуль напряжение, превышающее его максимальное входное напряжение. (См. таблицу 7 на странице 52.)

Во избежание электростатического повреждения прибора и импульсных модулей соблюдайте предосторожности, описанные в настоящем руководстве по эксплуатации и в сопровождающих прибор руководствах. (См. стр. 6, Электростатический разряд.)

При работе с импульсными модулями или при сборке сигнальных соединений всегда используйте заземляющий браслет (входит в комплектацию прибора).

Входной контур данного импульсного модуля очень чувствителен к повреждениям, связанным с подачей завышенного сигнала или с электростатическим разрядом. Никогда не подавайте на модуль постоянное или пиковое напряжение, превышающее его максимальное входное напряжение. (См. таблицу 7 на странице 52.) Эксплуатируйте прибор и импульсный модуль только в контролируемой с точки зрения электростатического состояния окружающей среде.

Элементы управления передней панели

В каждом импульсном модуле содержится по два идентичных входных канала (модули 80E01 и 80E06 имеют по одному каналу). В настоящем разделе описаны элементы управления, разъемы и индикаторы каналов.

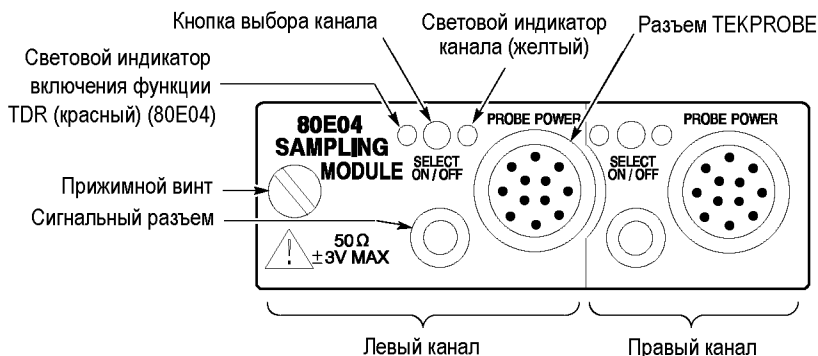


Рис. 5: Импульсный модуль, показан модуль 80E04

Сигнальный разъем

Входные сигнальные разъемы каждого канала позволяют подключать сигналы для оцифровки. Для регистрации подключите сигнал к импульсному модулю через разъем для подачи входного сигнала. В руководстве имеется описание сигнальных разъемов, используемых в данном импульсном модуле. (См. таблицу 2.)

Бережное обращение с разъемами. Никогда не подключайте кабель к разъему модуля дискретизации, если у кабеля изношен или поврежден разъем, поскольку этим можно повредить разъем модуля дискретизации. Кабель необходимо бережно подключать к разъемам и отключать от разъемов. Поворачивать можно только гайку, но ни в коем случае не кабель. При подсоединении кабеля к разъему модуля дискретизации аккуратно выровняйте разъемы друг относительно друга, прежде чем затягивать гайку. На начальной стадии подсоединения разъема не прикладывайте существенных усилий. Затем слегка подтяните гайку при помощи гаечного ключа. Более подробную информацию см. в разделе *Требования по уходу за разъемом и адаптером*. (См. стр. 39.) Конкретные значения моментов см. в таблице. (См. таблицу 5.)

Если разъемы импульсного модуля предполагается интенсивно использовать, например, в условиях производства, на модуле следует установить адаптеры (например, на разъемы диаметром 3,5 мм с номером 015-0549-xx по каталогу Tektronix), обеспечивающие соединения с проверяемым устройством.

Выбор канала

Каждый канал имеет свою кнопку SELECT CHANNEL (выбор канала) и индикатор желтого цвета. Кнопка работает следующим образом:

- Если желтый индикатор канала включен, значит, по этому каналу идет регистрация осциллограммы.
- Если нажать кнопку, когда канал не регистрирует никаких данных (ни канальной, ни расчетной осциллограммы), прибор активирует (включает) этот канал.
- Если нажать кнопку, когда канал активен и регистрирует осциллограмму канала, прибор выбирает осциллограмму канала.
- Если при нажатии кнопки канала осциллограмма канала уже была выбрана, прибор выключает канал.

Разъем TEKPROBE

Разъем TEKPROBE обеспечивает поддержку вспомогательных принадлежностей, требующих поддержки TEKPROBE SMA на уровнях 1 и 2. Через этот разъем основной прибор обеспечивает подачу питания и управление подключенными вспомогательными принадлежностями.

Индикатор включения функции TDR

На модулях с возможностью использования функции TDR красный индикатор TDR ON (функция TDR включена) показывает, передает ли ступеньку генератор ступеньки через сигнальный разъем. Основной прибор включает или выключает его.

Взаимодействие в системе

Импульсный модуль является составляющей более обширной приборной системы. Большинство функций импульсного модуля, таких как шкала по вертикали и по горизонтали, автоматически управляются посредством основного прибора. Не требуется никакого непосредственного управления этими параметрами; они изменяются в зависимости от конкретных задач, решаемых при помощи основного прибора. Параметры, управление которыми осуществляется с передней панели импульсного модуля, описаны в разделе *Элементы управления передней панели*. (См. стр. 11.)

Также посредством основного прибора осуществляется управление внешним ослаблением сигнала в канале. Поле External Attenuation (внешнее ослабление) позволяет ввести число, характеризующее внешнее ослабление сигнала в данном канале.

Команды, подаваемые с передней панели основного прибора

В диалоговом окне Vertical Setup (настройка по вертикали) осуществляется доступ к элементам управления импульсным модулем. Это диалоговое окно изображено на следующем рисунке.

Сначала в диалоговом окне необходимо выбрать раздел Waveform (осциллограмма). Затем, чтобы изменить соответствующие настройки, следует выбрать поля Setup Scale (шкала настройки), Position (положение), Channel Offset (смещение канала), Deskew (компенсация временного запаздывания), Units (единицы измерения) или External Attenuation (внешнее ослабление).

Детальная информация об этом диалоговом окне содержится в электронной справке, поставляемой вместе с основным прибором.

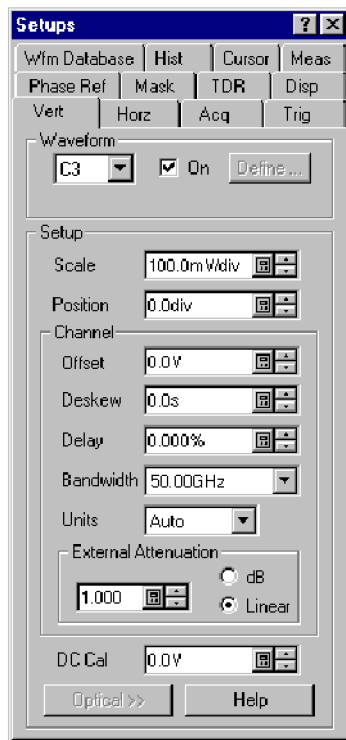


Рис. 6: Диалоговое окно Vertical Setup (настройка по вертикали)

Команды интерфейса программиста

Команды дистанционного управления для всех импульсных модулей собраны в «Электронном руководстве по программированию».

Пользовательская регулировка

Основной прибор управляет всеми настройками, параметрами и регулировками импульсного модуля. Чтобы сохранить, отменить или изменить настройки модуля, воспользуйтесь меню прибора или элементами управления на передней панели, загляните в электронную справку, поставляемую вместе с основным прибором.

Чистка

Корпус модуля не пропускает пыль вовнутрь, и его не следует открывать. Чистка внешней поверхности модуля обычно ограничивается передней панелью. Если потребовалось почистить весь корпус, чтобы правильно обращаться с модулем, сначала ознакомьтесь с процедурой *Установка*. (См. стр. 5.) Затем извлеките для чистки модуль из основного прибора.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание получения травм, прежде чем производить чистку, выключите питание прибора и отсоедините его от электросети.

Чистка внешних поверхностей модуля выполняется сухой тканью, не оставляющей волокон, или мягкой щеткой. Оставшееся загрязнение может быть удалено влажной тканью или щеткой, смоченной в 75-процентном растворе изопропилового спирта. Узкие места вокруг элементов управления и разъемов следует прочищать щеткой. Не допускайте попадания влаги вовнутрь модуля. Не используйте для чистки шасси абразивные составы, поскольку они могут повредить его.



ОСТОРОЖНО. Не используйте химических чистящих средств, которые могут повредить пластмассовые части прибора. При чистке 75-процентным раствором изопропилового спирта остатки раствора следует удалять деионизированной водой. При чистке кнопок меню или кнопок передней панели используйте только деионизированную воду. Перед использованием чистящих средств других типов проконсультируйтесь с представителями и сервисным центром Tektronix.

Не открывайте корпус модуля. В нем отсутствуют обслуживаемые компоненты, и чистка внутренних поверхностей не требуется.

Справочная информация

Настоящая глава состоит из следующих разделов:

- *Проведение измерений методом TDR* – описано, как использовать импульсный модуль 80E04 для проведения измерений коэффициента отражения методом совмещения прямого и отраженного сигналов (time-domain-reflectometry, TDR).
- *Основные аспекты измерений методом TDR* – содержит информацию о причинах отражения, диапазоне измерений, скорости распространения и несоответствии измерений, о единицах измерений, а также соображения о том, как повысить точность измерений.
- *Проведение дифференциальных и синфазных измерений методом TDR* – описано, как использовать импульсный модуль 80E04 для проведения дифференциальных и синфазных измерений методом TDR.
- *Требования по уходу за разъемом и адаптером* – описано, как следует содержать и использовать разъем и адаптер модуля 80E06, включая защиту от электростатического разряда (ESD), чистку разъемов, выполнение сборки и затяжки разъемов.
- *Измерение полного сопротивления методом TDR* – описано автономное приложение, выполняющее процедуры калибровки методом TDR и обусловленное методологией проведения испытаний IPC-TM-650.
- *Обнаружение перегоревших входов* – описано, как проверить, не поврежден ли импульсный модуль 80E04 или импульсный модуль, не содержащий функции TDR.
- *Предотвращение электрических перенапряжений (EOS)* – описаны причины возникновения электрических перенапряжений, способы их предотвращения и проверки на наличие повреждений.

Проведение измерений методом TDR

В настоящем разделе описано, как использовать модуль 80E04 для проведения измерений методом TDR.

Для чего это нужно? Для проведения измерений методом TDR на линиях электропередачи. При помощи метода TDR можно измерять полное сопротивление вдоль линии электропередачи и определять расстояние до места его изменения.

Каковы особенности? Масштаб по вертикали может быть представлен в вольтах, «ро» или омах.

Каковы исключения? Данная функция работает только с модулем 80E04.

Пояснения к использованию

Прочтите посвященные данной теме следующие подразделы; в них содержатся сведения, которые помогут настроить и эффективно выполнить измерения методом TDR.

Генерирование ступенчатого сигнала TDR. Каждый из двух каналов TDR/импульсного модуля 80E04 содержит генератор ступенчатого сигнала заданной полярности, что позволяет производить измерения по обоим каналам. Выходные сигналы обоих генераторов можно использовать для проведения дифференциальных и синфазных измерений методом TDR.

Электрическая схема генератора ступенчатого сигнала состоит, по большому счету, из источника тока с выбираемой полярностью и диодного ключа. Сначала, до появления ступенчатого сигнала, диодный ключ установлен таким образом, чтобы на выход подавался ток. При размыкании диодного ключа появляется ступенчатый сигнал. Источник постоянного тока обеспечивает поддержание базового уровня сигнала около нуля вольт. На следующем рисунке приведена принципиальная схема соединения ключа и источника тока.

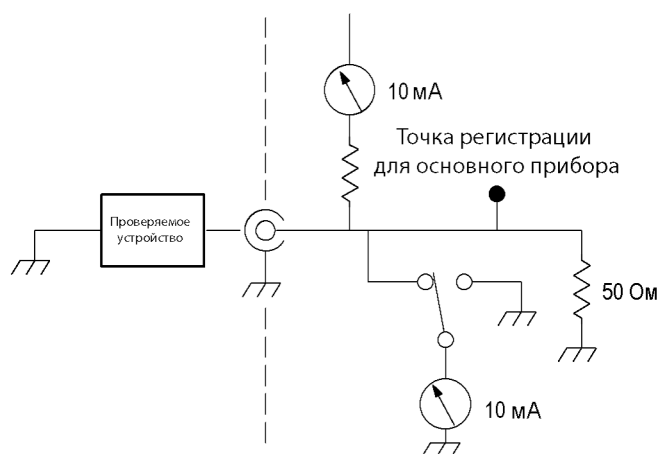


Рис. 7: Принципиальная электрическая схема генератора ступенчатого сигнала – положительная полярность

В следующих параграфах и на рисунках 8 – 10 описана работа с короткозамкнутым контуром, с разомкнутым контуром и с нагрузкой 50 Ом при источнике формирования положительного ступенчатого сигнала.

Работа через короткозамкнутый контур. Сначала диодный ключ пропускает ток величиной -10 мА. Поскольку выход генератора ступенчатого сигнала в исходном положении закорочен, сопротивление относительно земли равно 0 Ом.

При размыкании диодного ключа (отрицательное смещение) полное сопротивление относительно земли в точке регистрации (и на разъеме канала) составляет 25 Ом, поскольку сопротивление внутреннего вывода, равное 50 Ом, соединено параллельно с сопротивлением разъема величиной

50 Ом. Напряжение в точке регистрации возрастает до +250 мВ – амплитуда падающего сигнала E_i .

Фронт импульса по короткому пути распространяется к проверяемому устройству и с отрицательной амплитудой $E_r = -250$ мВ отражается назад к точке регистрации, вследствие чего напряжение в точке регистрации падает до 0 В. Время, зафиксированное между двумя соседними фронтами, есть время распространения сигнала в прямом и обратном направлении между точкой регистрации и проверяемым устройством по короткому пути прохождения. (См. рис. 8.)

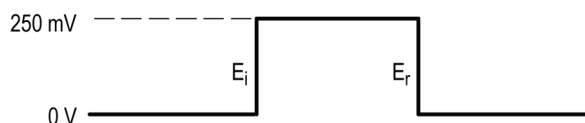


Рис. 8: Генератор ступенчатого сигнала с закороченным выходом

Работа через нагрузку с сопротивлением 50 Ом. Сначала диодный ключ пропускает ток величиной -10 мА. Так как выход генератора ступенчатого сигнала подключен к нагрузке с сопротивлением 50 Ом, сопротивление относительно земли в точке регистрации равно 25 Ом (поскольку внутреннее сопротивление составляет 50 Ом).

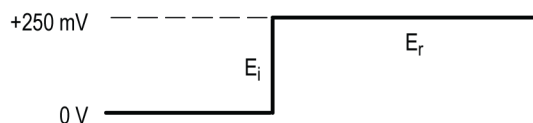


Рис. 9: Генерирование ступенчатого сигнала с нагрузкой в 50 Ом

При размыкании диодного ключа (отрицательное смещение) полное сопротивление относительно земли в точке регистрации (и на разъеме канала) составляет 25 Ом, поскольку сопротивление внутреннего вывода, равное 50 Ом, соединено параллельно с сопротивлением разъема величиной 50 Ом. Напряжение в точке регистрации возрастает до +250 мВ.

Фронт импульса распространяется через нагрузку с сопротивлением 50 Ом, и никакого отражения не происходит.

Работа через разомкнутый контур. Сначала диодный ключ пропускает ток величиной -10 мА. Так как выход генератора ступенчатого сигнала разомкнут, сопротивление относительно земли в точке регистрации равно 50 Ом (поскольку внутреннее сопротивление составляет 50 Ом).

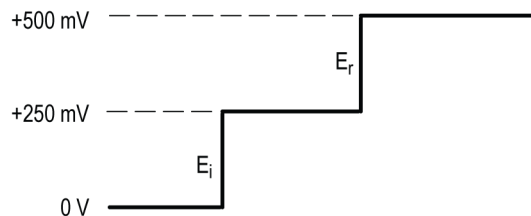


Рис. 10: Генерирование ступенчатого сигнала с разомкнутым контуром

При размыкании диодного ключа (отрицательное смещение) полное сопротивление относительно земли в точке регистрации (и на разъеме канала) составляет 25 Ом, поскольку сопротивление внутреннего вывода, равное 50 Ом, соединено параллельно с сопротивлением разъема величиной 50 Ом. Напряжение в точке регистрации возрастает до +250 мВ.

Фронт импульса распространяется до разрыва в проверяемом устройстве и с положительным знаком отражается назад к точке регистрации, вследствие чего напряжение в точке регистрации возрастает до +500 мВ. Время, прошедшее между приходом в точку регистрации первого и второго ступенчатого сигналов, является временем прохождения в прямом и обратном направлении между точкой регистрации и точкой разрыва в проверяемом устройстве. (См. рис. 10.)

Корректировка базового уровня. Базовый уровень источника постоянного тока, основывающийся на генераторе ступенчатого сигнала, при подключении нагрузки обычно смещается. Использование источника постоянного тока для отключения тока источника ступенчатого сигнала позволяет поддерживать базовый уровень около 0 В (См. рис. 7 на странице 18.)

Форма отраженных сигналов. Форма отраженных сигналов раскрывает природу и величину полного сопротивления нагрузки, несоответствие или сбой, даже если сопротивление нагрузки не закорочено, не равно 50 Ом или не имеет разрыва. На следующем рисунке показаны типичные формы сигналов метода TDR и нагрузки, генерирующие отраженные сигналы. (См. рис. 11.)

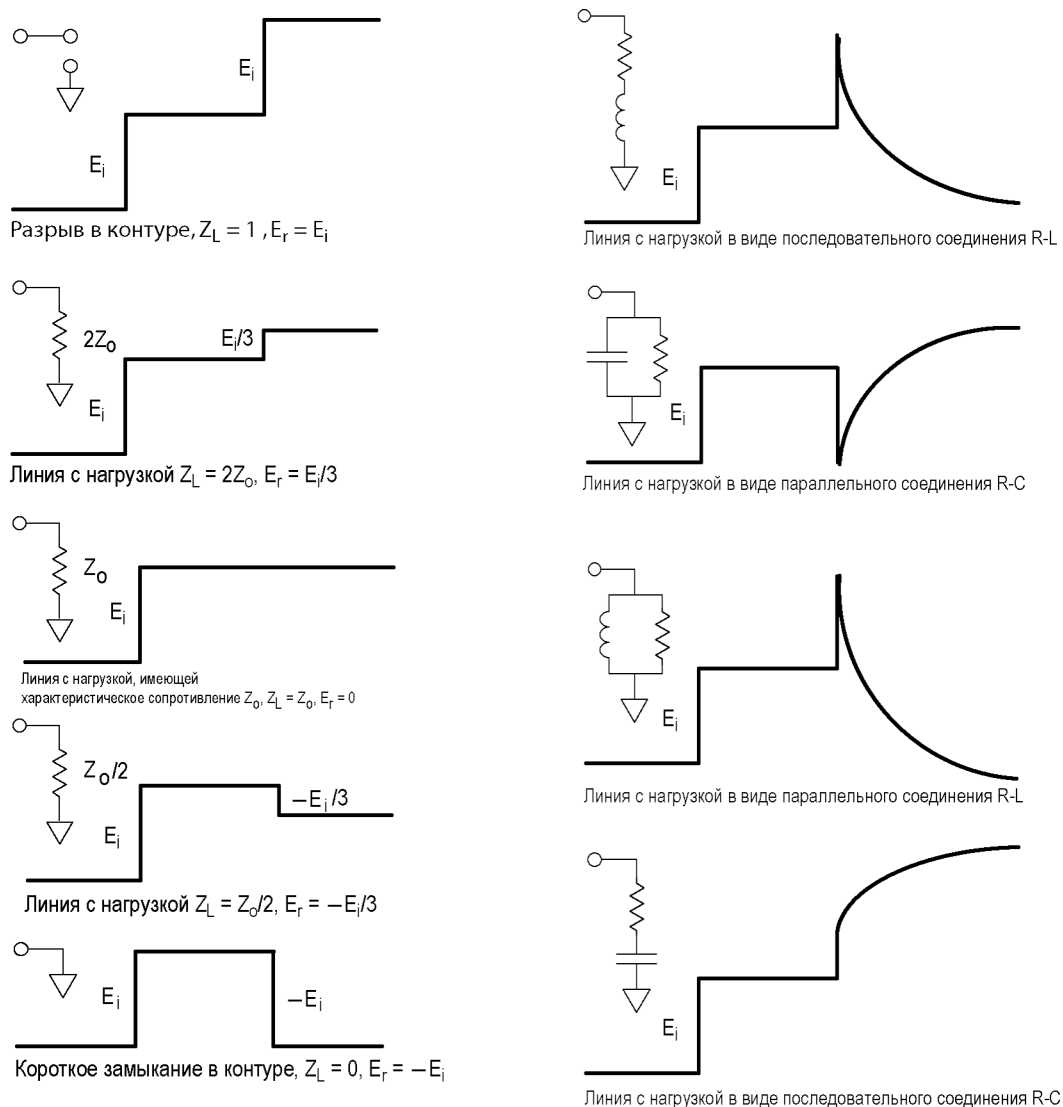
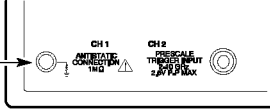
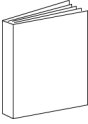
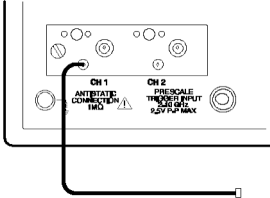
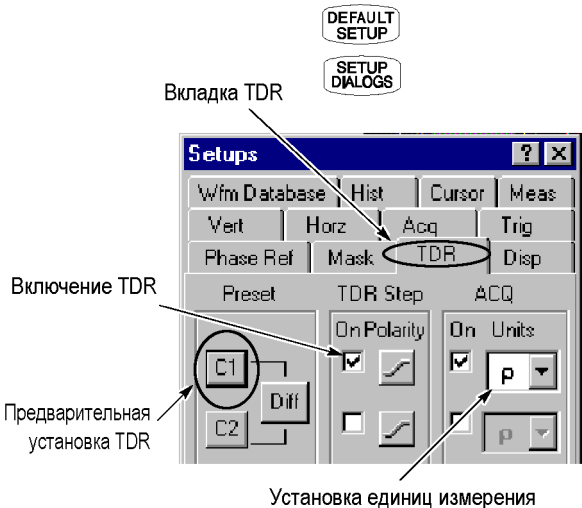


Рис. 11: Изображения сигналов в методе TDR для типичных видов нагрузки

Чтобы провести измерения методом TDR

Данный пример демонстрирует применение функции TDR импульсного модуля 80E04. Метод TDR – это метод проверки и измерения параметров информационной сети или линии электропередачи посредством отправки ступенчатого сигнала в сеть или линию и отслеживания приходящих отражений.

Обзор	Чтобы провести измерения методом TDR	Элементы управления и ресурсы
Подготовка	1. Присоедините свой заземляющий браслет к антистатическому разъему на передней панели прибора. См. <i>Предостережение</i> в разделе <i>Электростатический разряд</i> . (См. стр. 6.)	Подсоедините заземляющий браслет   См. документацию пользователя основного прибора или электронную справку по настройке масштаба и регистрации данных.
	2. Импульсный модуль 80E04 должен быть установлен в основной прибор. Регистрация должна быть запущена нажатием кнопки Run (пуск), а вертикальные и горизонтальные элементы управления должны быть заданы соответственно регистрируемому сигналу.	
Вход	3. Подсоедините линию электропередачи к импульсному модулю при помощи соответствующих конкретной задаче методов зондирования/подключения (например, подключите кабель SMA длиной < 5 нс).	
Предварительная установка функции TDR	4. Задайте начальные условия прибора (нажмите кнопку DEFAULT SETUP (настройка по умолчанию)). 5. Нажмите кнопку SETUP DIALOGS (диалоги настройки) и выберите вкладку TDR. 6. Нажмите функцию Preset (предварительная установка) на вкладке TDR для соответствующего канала. Функция Preset (предустановка) на вкладке TDR устанавливает значение Internal Clock (внутренний генератор тактовых импульсов) в меню Trigger (синхронизация), включает TDR Step (ступенька TDR) в меню TDR Setups (настройки TDR), включает канал и выбирает Units (единицы измерения) для регистрации данных в меню TDR Setups (настройки TDR), и устанавливает горизонтальный масштаб, положение и опорный уровень. Импульсный модуль должен включить рядом с кнопкой канала SELECT (выбор) красный индикатор, указывающий на то, что для данного канала активирована функция TDR. Функцию TDR можно использовать независимо для каждого канала.	

Обзор

Чтобы провести измерения методом TDR

Элементы управления и ресурсы

Установка
других
параметров
функции TDR

- Настройте параметры VERTICAL SCALE (шкала по вертикали) (в данном примере – 500 мВ/дел.) и HORIZONTAL SCALE (шкала по горизонтали) (в данном примере – 2 нс/дел.) чтобы получить кривую, похожую на изображенную. Оставьте, по крайней мере, одно деление основной кривой слева от первого фронта.

Первым фронтом этой осциллограммы является посланный импульсным модулем ступенчатый сигнал TDR; вторым фронтом – отраженный ступенчатый сигнал, возвращающийся от конца кабеля.

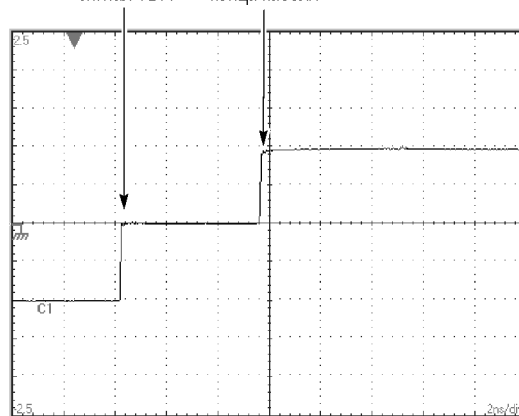
Для проверяемого устройства может потребоваться регулировка параметров Horizontal SCALE (шкала по горизонтали), POSITION (положение) и Reference (опорный сигнал), чтобы отобразить отраженные от проверяемого устройства сигналы в левой части масштабной сетки.

Чтобы зафиксировать отраженные от проверяемого устройства сигналы, отсоедините от него пробник или кабель и определите отраженный от свободного конца пробника или кабеля сигнал.

Если предположить, что проверяемая линия представляет собой микрополосковую линию монтажной платы с открытым концом, и что пробник или кабель теперь подсоединены к этой линии, справа можно увидеть новый открытый отраженный сигнал, соответствующий длине линии. В месте подключения к плате, может быть заметно возмущение сигнала. Пример см. на рисунке. (См. рис. 12.) Область между входом платы и местом отражения от открытого конца платы является областью измерений методом TDR. Отрегулируйте параметры Vertical SCALE (шкала по вертикали), Vertical POSITION (положение по вертикали), Horizontal SCALE (шкала по горизонтали) и Horizontal POSITION (положение по горизонтали), как требуется для обеспечения хорошего качества изображения области измерений.

Исходный
ступенчатый
сигнал TDR

Отражение от
свободного
конца кабеля



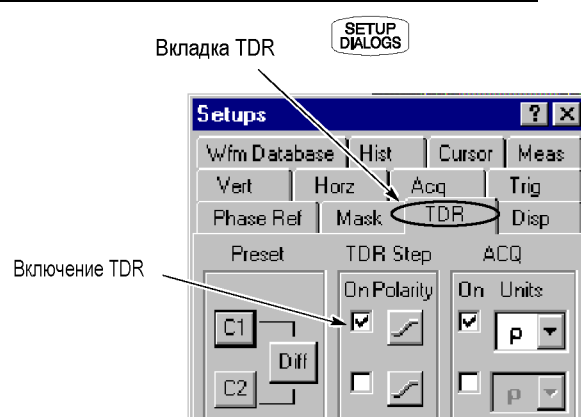
Обзор

Чтобы провести измерения методом TDR

Элементы управления и ресурсы

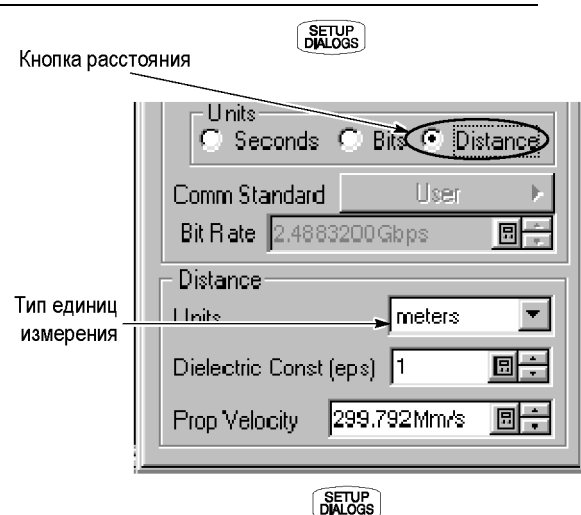
Изменение единиц масштабной сетки режима TDR

8. Единицами измерений, обычно используемыми в режиме TDR, являются единицы «ро» (ρ), которые откладываются по вертикальной оси. Единицы измерения можно изменить при помощи меню выбора единиц Units (единицы) в области ACQ.
9. Нажмите кнопку **SETUP DIALOGS** (диалоги настройки) и выберите вкладку **TDR**.
10. Выберите либо **V** для измерений в вольтах, либо **ρ** для измерений в «ро», либо **Ω** для измерений в омах.



Определение единиц измерения горизонтальной развертки

11. Выберите вкладку **HORIZONTAL** (по горизонтали).
12. Выберите кнопку-переключатель **Distance** (расстояние). Используйте этот элемент управления для выбора типа единиц измерения по горизонтальной оси для всех разверток. Выбирать можно между секундами, битами и единицами длины. Масштаб временной развертки и положение элементов управления определяют выбор единиц измерения.
13. Если требуется решаемая задача, можно также установить один из следующих элементов управления (они влияют друг на друга, поэтому следует устанавливать только один из них):
 - Ввести значение Dielectric Const (диэлектрическая постоянная) (εps), чтобы она соответствовала таковой для проверяемого устройства.
 - Ввести значение Prop Velocity (скорость распространения), чтобы она соответствовала таковой для проверяемого устройства.
14. Нажмите кнопку **SETUP DIALOGS** (диалоги настройки).
15. Продолжение описания процесса автоматических измерений – на следующей странице.



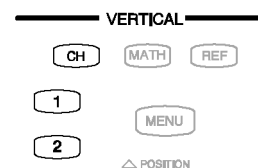
Обзор

Выполните автоматические измерения

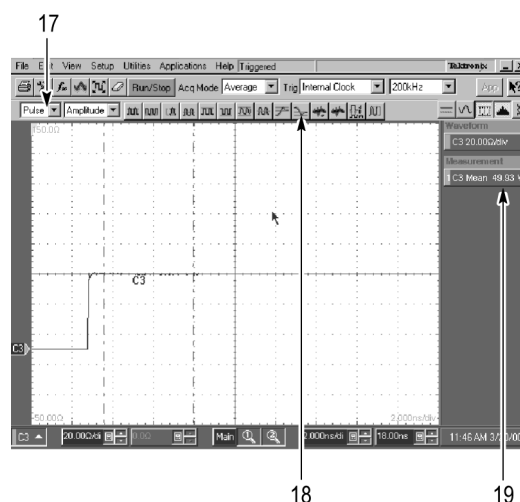
Чтобы провести измерения методом TDR

16. Используйте кнопки области Vertical (по вертикали) для выбора осциллограммы TDR, которую необходимо измерить.

Элементы управления и ресурсы



17. Выберите одну из панелей инструментов для измерений.
18. Выберите тип измерения, который вас интересует (например, среднее значение), на панели инструментов для измерений.
19. Результаты отображаются в экранной надписи измерений.



20. Чтобы измерить часть осциллограммы, выберите вкладку Region (зона), на которой отображаются элементы управления областью интересов. Установите справа флажок, чтобы активировать элементы управления областью интересов и отобразить эту область на экране.
21. Используйте элементы прокрутки G1 и G2 (щелкните и введите соответствующие значения, используйте кнопочную панель, multifunctional ручки или захватите и перетащите область интереса) для выбора границ области интереса (области измерений) на экране.

Если необходимо обеспечить хорошее изображение этой области осциллограммы, отрегулируйте параметры Vertical SCALE (шкала по вертикали), Vertical POSITION (положение по вертикали), Horizontal SCALE (шкала по горизонтали), Horizontal POSITION (положение по горизонтали) и Reference (опорный сигнал). Видеть изменение масштаба и расположения можно непосредственно на отображаемой осциллограмме, см. изображения осциллограмм. (См. рис. 15.)

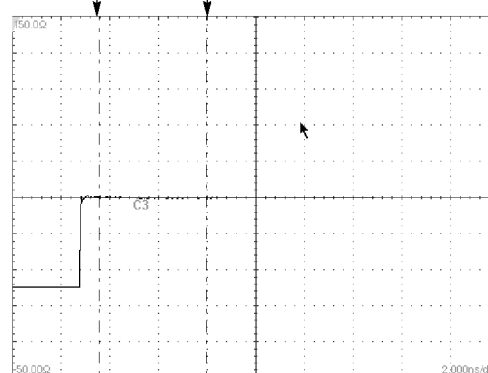
Можно также сравнивать друг с другом осциллограммы. (См. рис. 12.) (См. рис. 13.)

Доступ к виртуальной клавиатуре



Граница области интереса G1

Граница области интереса G2



Обзор

Чтобы провести измерения методом TDR

Элементы управления и ресурсы

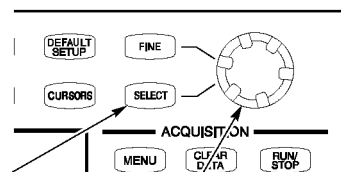
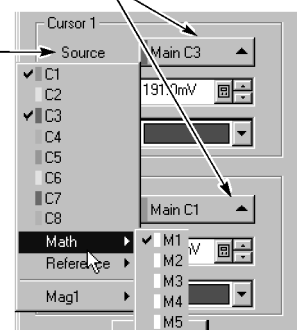
Выполнение
курсорных
измерений

22. Нажмите кнопку SETUP DIALOGS (диалоги настройки) и выберите вкладку Cursor (курсор).
23. Выберите тип курсора осциллограммы.
24. Из всплывающего списка для каждого из курсоров (Cursor 1 и Cursor 2) выберите источник TDR.
25. Воспользуйтесь кнопкой SELECT (выбор) для выбора между двумя курсорами. Активный курсор отображается в виде сплошной линии.
26. Для измерения необходимых особенностей, вращая ручку Adjust (регулировка), укажите расположение каждого курсора на осциллограмме TDR.

SETUP
DIALOGS

Щелкнуть для доступа к источникам

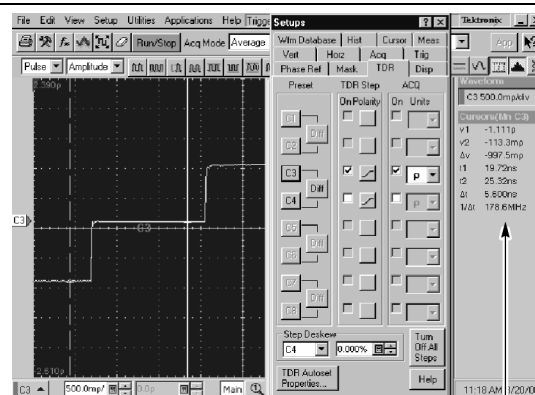
Выбор источника
из всплывающего
списка



Кнопка выбора
(SELECT)

Ручка регулировки

27. Результаты отображаются в экранной надписи курсора. На приведенном выше рисунке курсоры используются для измерения величин Δv и Δt осциллограммы, при помощи которых может быть вычислен ее наклон (dv/dt).



27

Основные аспекты измерений методом TDR

Метод TDR основан на простой идее: каждый раз, когда передаваемая через некую среду энергия встречает изменение сопротивления, часть этой энергии отражается назад в направлении источника. Количество отраженной энергии есть функция приходящей энергии и величины изменения сопротивления. Промежуток времени между моментом передачи энергии и моментом возвращения ее отраженной доли есть функция расстояния от

источника до разрыва непрерывности полного сопротивления и скорости распространения.

Эффект этого явления наглядно демонстрируется эхом, возникающим при падении звуковой волны на стену. В электрических системах наблюдается похожее явление, когда электроэнергия, передаваемая по линии электропередачи, наталкивается на место, где меняется сопротивление. Любое изменение сопротивления линии электропередачи, например изменение ширины дорожки монтажной платы, приводит отражению энергии с амплитудой, определяемой степенью изменения сопротивления.

Измеритель отраженного сигнала (Time Domain Reflectometer, TDR) подает ступенчатый сигнал в кабель, монтажную плату или проверяемую интегральную схему. Принятый TDR отраженный сигнал (или эхо) измеряется с целью обнаружения особенностей вдоль пути следования ступенчатого сигнала.

Возникновение отраженных сигналов обусловлено как ожидаемыми особенностями, такими как изменение ширины и наличие компонентов линии, так и особенностями, которых не должно быть на рассматриваемом участке – перемычками, короткими замыканиями и разрывами. Преимущество измерений методом TDR состоит в том, что они не только сообщают о наличии дефекта, но также дают информацию о размерах дефекта и о расстоянии до него.

TDR способен определить любое изменение волнового сопротивления проверяемого устройства. Любое изменение сопротивления отображается на экране TDR в виде выброса вверх или провала вниз на форме сигнала в зависимости от типа особенности. (См. рис. 12.)

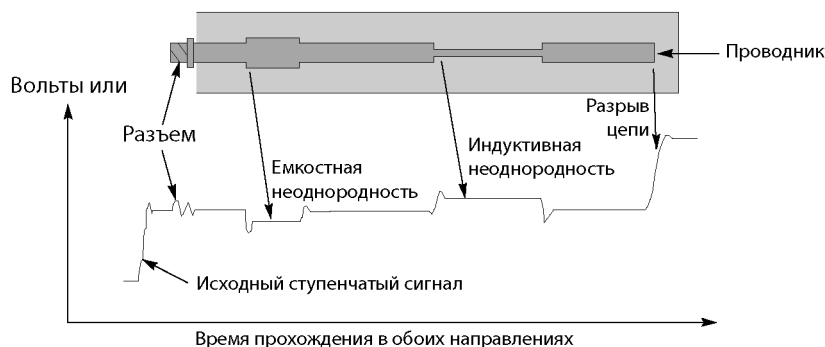


Рис. 12: Неоднородности в микрополосковой линии – пример

Причина возникновения отраженных сигналов

Отраженные сигналы, отображаемые и измеряемые TDR, возникают в результате изменения сопротивления на пути прохождения ступенчатого сигнала (монтажная плата, кабель или интегральная схема). Любое заметное изменение сопротивления вызывает отражение сигнала. Например, если на монтажной плате имеется некачественно выполненное паяное соединение, эту особенность можно обнаружить при помощи TDR. Функция TDR также

отображает изменения в сопротивлении проводника. Например, если в месте соединения проводников появилась коррозия, в этой точке возникает высокое сопротивление, которое можно увидеть при помощи TDR. Функция TDR также отображает изменения в емкости.

При наличии на изображении формы сигнала, получаемой методом TDR, выбросов и провалов, интерпретация измерений существенно облегчается. Выброс (отклонение вверх) указывает на наличие в линии места с повышенным сопротивлением, например разрыва или сужения. (См. рис. 13.) (См. рис. 12.)

Провал (отклонение вниз) указывает на наличие в линии места с пониженным сопротивлением, например короткого замыкания или утолщения линии. (См. рис. 14.) (См. рис. 12.) Временное местонахождение повышенного или пониженного сопротивления, а также разница во времени, отображаются на экране.



Рис. 13: Осциллограмма TDR для примера с неоднородностями в микрополосковой линии

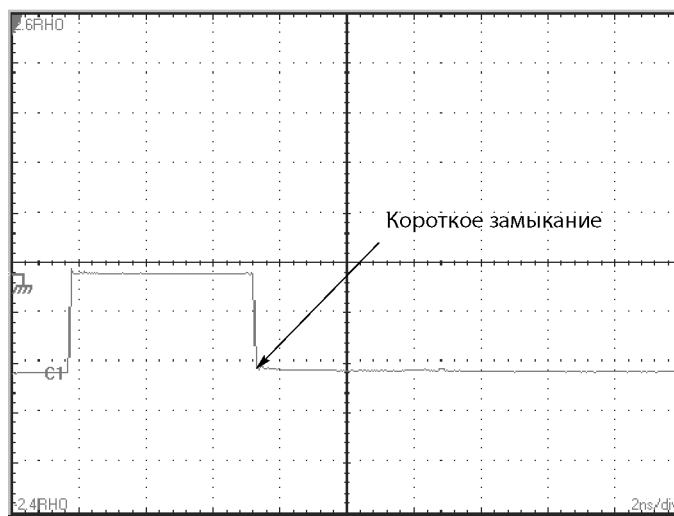


Рис. 14: Ступенчатый сигнал TDR и его отражение (короткое замыкание)

Диапазон измерения методом TDR

Самым часто встречающимся вопросом, который задают люди, собирающиеся приобрести измеритель отраженного сигнала (TDR), является вопрос о диапазоне измерений TDR. Это очень важный вопрос, на который нет простого ответа. Другим важным моментом является то, насколько хорошо TDR способен разрешать особенности, находящиеся близко друг от друга. В настоящем разделе обсуждается величина диапазона измерений методом TDR и влияющие на нее факторы.

Существует ряд факторов, влияющих на расстояние, в пределах которого TDR способен обнаруживать особенности. Наиболее важными параметрами, влияющими на результаты измерений методом TDR, являются амплитуда, время нарастания и ширина ступенчатого сигнала.

Амплитуда ступенчатого сигнала есть максимальное напряжение, создаваемое ступенькой TDR. Для модуля 80E04 она фиксируется на уровне 250 мВ. Вообще говоря, чем выше амплитуда, тем на большее расстояние «видит» TDR. Обычно этот тип ступенчатого сигнала является оптимальным для TDR малой дальности.

Влияет на диапазон также и общая ширина ступенчатого сигнала. Она соответствует настройке внутреннего генератора тактовых импульсов (25 – 200 кГц). При использовании TDR ширина ступеньки измеряется в единицах времени, но ее можно также интерпретировать и как расстояние. Чем длиннее ширина ступеньки, тем больше диапазон действия TDR. При частоте 200 кГц длительность ступенчатого сигнала составляет 2,5 мкс – достаточно для того, чтобы «увидеть» особенность в воздухе (перенос в одном направлении) на расстоянии 375 м. Чтобы «видеть» особенности на больших расстояниях, задайте для внутреннего генератора тактовых импульсов TDR более низкую частоту.

Определение скорости распространения и расположения несоответствий

Промежуток времени между падающим и отраженным фронтами представляет собой ценную информацию с точки зрения определения длины линии электропередачи от TDR до места несоответствия или между двумя несоответствиями. Формула выглядит следующим образом:

$$D = v_p \times \frac{T}{2} = \frac{v_p T}{2}$$

где:

D = расстояние до неисправности

V_p = скорость распространения

T = время от TDR до несоответствия и назад согласно измерению на приборе

Скорость распространения (v_p) является мерой быстроты перемещения сигнала в этой линии.

ПРИМЕЧАНИЕ. Наличие в знаменателе формулы числа 2 связано с тем, что системы TDR отображают суммарное время прохождения сигнала в обоих направлениях (падающий и отраженный фронты), тогда как обычно требуется знать расстояние, проходимое в одном направлении. Важно отметить, что шкала расстояний не вводит этот коэффициент, поэтому отображаемое расстояние соответствует прохождению сигнала в оба конца. Более подробную информацию об обращении со шкалой расстояний см. в документации пользователя и электронной справке основного прибора.

Единицы измерения, применяемые в методе TDR

Все измерения полного сопротивления методом TDR основаны на отношении передаваемого сигнала напряжения к отраженному. Как следствие, измерения в основном не проводятся в абсолютных единицах, таких как вольты. Измерения методом TDR выполняются в относительных единицах, которые представляют собой значения коэффициента отражения и обозначаются буквой ρ. По определению ρ – это амплитуда отраженного сигнала, деленная на амплитуду падающего. Например, если отраженный сигнал величиной 100 мВ получается из падающего ступенчатого сигнала величиной 1 В, коэффициент отражения будет равен 100 миллио (mρ).

$$\rho = \frac{E_{reflected}}{E_{incident}} = \frac{100 \text{ mV}}{1 \text{ V}} = 100 \text{ m}\rho$$

Если известно сопротивление и измерен коэффициент отражения, то неизвестное сопротивление, вызвавшее отражение, может быть вычислено при помощи следующего уравнения:

$$\rho = \frac{E_{reflected}}{E_{incident}} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

где Z₀ – известное сопротивление, ρ – измеренный коэффициент отражения, Z_L – неизвестное сопротивление. Альтернативная форма этого уравнения:

$$Z_L = Z_0 \left(\frac{1 + \rho}{1 - \rho} \right)$$

На следующем рисунке показана типичная осциллограмма основного прибора Tektronix CSA8200, оборудованного TDR/импульсным модулем 80E04. (См. рис. 15.)

В этом случае прибор через коаксиальный кабель сопротивлением 50 Ом соединен с проверяемым устройством сопротивлением 75 Ом. Падающий ступенчатый сигнал равен в амплитуде примерно 2 деления, а отраженный от проверяемого устройства – около 0,4 деления. Эти значения соответствуют коэффициенту отражения 0,2р (0,4 деления, деленные на 2 деления). В результате подстановки в приведенное выше уравнение известного сопротивления величиной 50 Ом и коэффициента отражения получаем сопротивление величиной 75 Ом:

$$Z_L = Z_0 \left(\frac{1 + \rho}{1 - \rho} \right)$$

$$Z_L = 50 \times \left(\frac{1 + 0.2}{1 - 0.2} \right) = 75 \Omega$$

Заметим, что прибор автоматически выполняет этот расчет и отображает сопротивление (Ω) или коэффициент отражения (ρ) для каждого курсора, а также разницу между этими двумя курсорами.

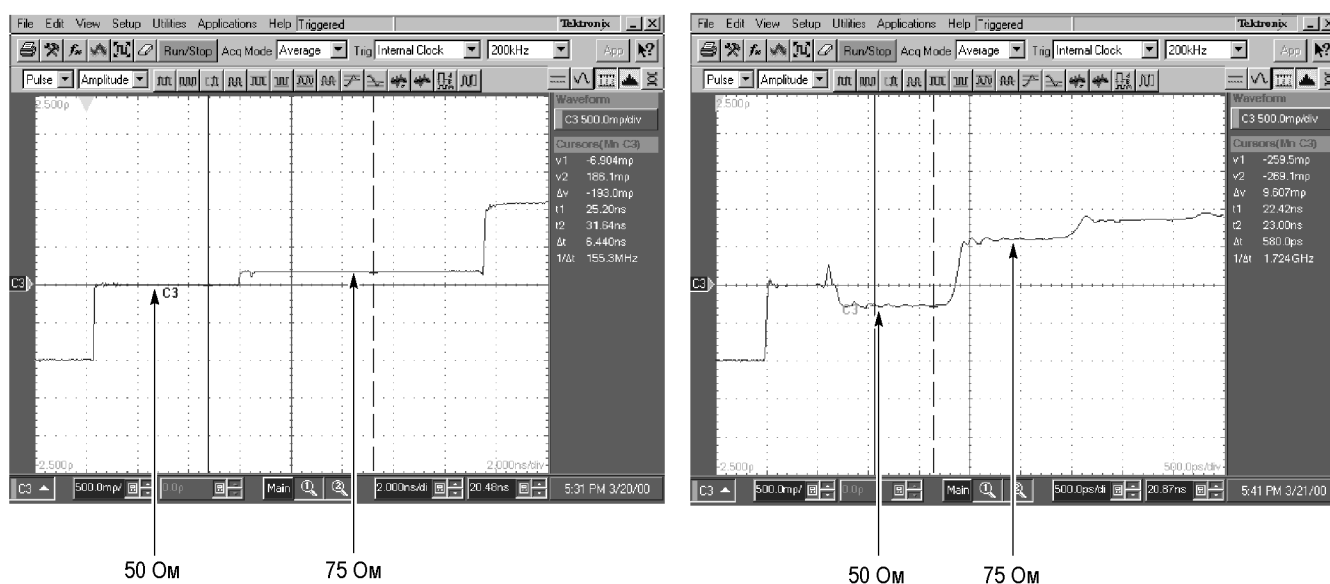


Рис. 15: Ступенчатый сигнал TDR и его отражение (линия сопротивлением 50 Ом с конечной нагрузкой 75 Ом)

Проведение прецизионных измерений методом TDR

Чтобы выполнить прецизионные измерения методом TDR, необходимо рассмотреть ряд вопросов. В большинстве случаев проводить измерения вблизи опорного сопротивления (обычно 50 Ом) бывает довольно легко. Для достижения более высокой точности или проведения измерений сопротивления на большем удалении от опорного значения, требуется особая тщательность. Ниже обсуждаются несколько ключевых вопросов,

касающихся получения прецизионных и хорошо повторяющихся результатов измерений сопротивления.

Разрешение. Разрешение определяет самый короткий разрыв непрерывности полного сопротивления, который способен измерить прибор TDR. Вследствие двойного прохождения сигнала, сначала в прямом, затем в обратном направлении, разрешение = $\frac{1}{2} \times (\text{время нарастания отраженного системой сигнала})$. Если разрыв непрерывности, такой как изменение ширины пути, мал по сравнению с временем нарастания системы, отражение не будет точно характеризовать сопротивление разрыва. В предельных случаях разрыв может эффективно исчезать. Время нарастания системы есть комбинированное время нарастания генератора ступенчатого сигнала (TDR), прибора и соединительного провода между TDR и проверяемой электрической схемой. В большинстве случаев наиболее существенным ограничением при проверке сопротивления является пробник. Особое внимание к геометрии пробника и методам использования пробника может значительно усилить разрешение.

Опорное сопротивление. Все измерения методом TDR являются относительными; они сравнивают неизвестное сопротивление с известным. Точность получаемых результатов непосредственно зависит от точности знания опорного сопротивления. Любая погрешность знания опорного сопротивления переносится на погрешность измеренного сопротивления. В связи с этим разумно использовать опорное сопротивление со значением, близким к ожидаемому значению измеряемого сопротивления, поскольку уменьшение разницы между опорным и неизвестным сопротивлениями снижает неопределенность измерений.

Потери в кабеле. Для подсоединения к испытательной арматуре всегда используйте как можно более короткий высококачественный кабель. Кабель, соединяющий блок TDR с монтажной платой, не только ухудшает характеристики времени нарастания системы, но может приводить и к другим искажениям отклика системы, вносящим дополнительный вклад в погрешность измерения.

Проведение дифференциальных и синфазных измерений методом TDR

В настоящем разделе описано, как пользоваться модулем 80E04 для проведения дифференциальных и синфазных измерений коэффициента отражения методом совмещения прямого и отраженного испытательных сигналов (TDR)

Для чего это нужно?

Для проведения измерений методом TDR на связанных линиях электропередачи. При помощи синфазных и дифференциальных измерений методом TDR можно получить характеристики связанных линий электропередачи.

Каковы особенности? Модуль Tektronix 80E04 представляет собой настоящий дифференциальный импульсный модуль для проведения прецизионных дифференциальных измерений методом TDR.

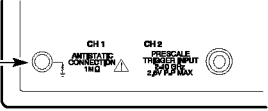
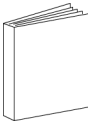
Каковы исключения? Данная функция работает только с модулем 80E04.

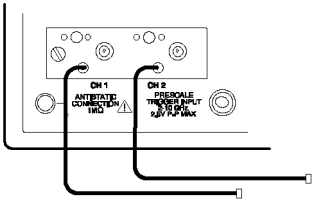
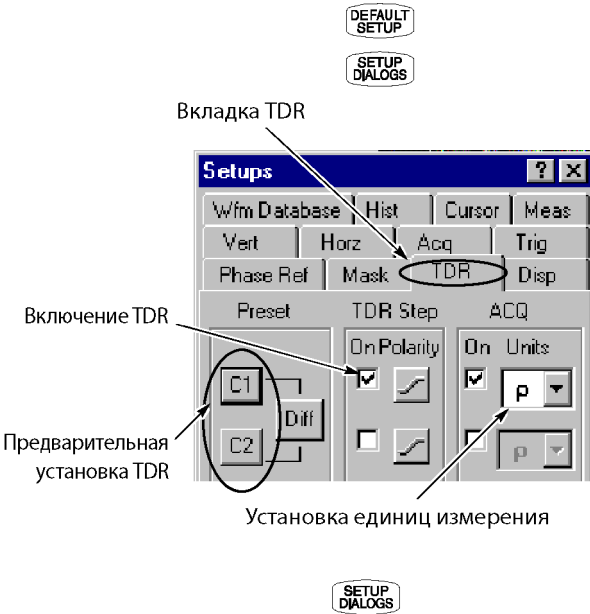
Пояснения к использованию Прочтите посвященные данной теме следующие подразделы; в них содержатся сведения, которые помогут настроить и эффективно выполнить дифференциальные и синфазные измерения методом TDR.

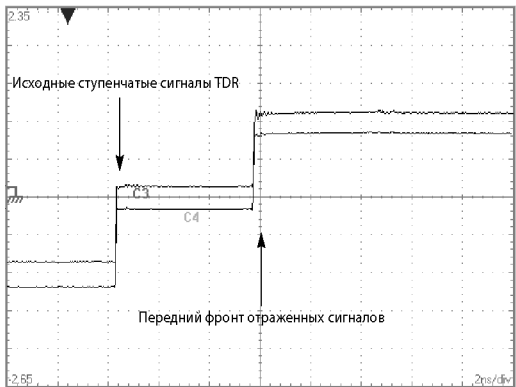
TDR/импульсный модуль 80E04 позволяет выполнять измерения дифференциальных и синфазных сигналов методом TDR. Как описано выше, импульсный модуль имеет два входных канала и два независимых генератора ступенчатых сигналов.

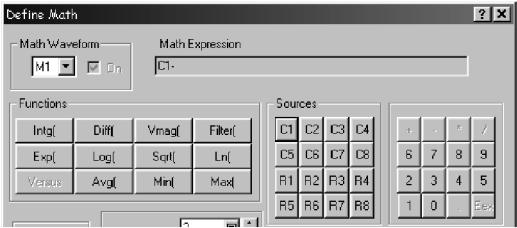
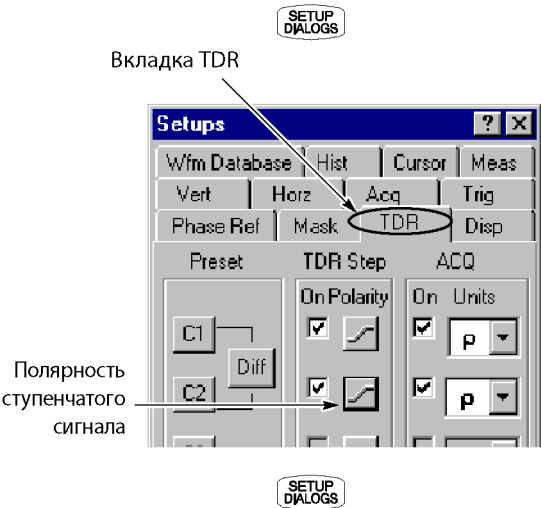
Для выхода генератора ступенчатых сигналов каждого канала может выбираться положительная, отрицательная полярность и амплитуда. В настоящем разделе будет показано, как использовать два канала и генераторы ступенчатых сигналов модуля 80E04 для проведения дифференциальных и синфазных измерений методом TDS.

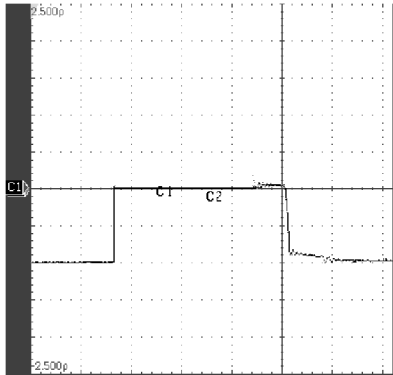
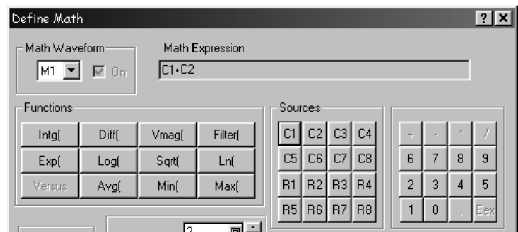
Проведение синфазного или дифференциального измерения методом TDR Данный пример демонстрирует применение функций TDR импульсного модуля 80E04 при проведении синфазных и дифференциальных измерений.

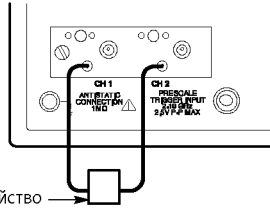
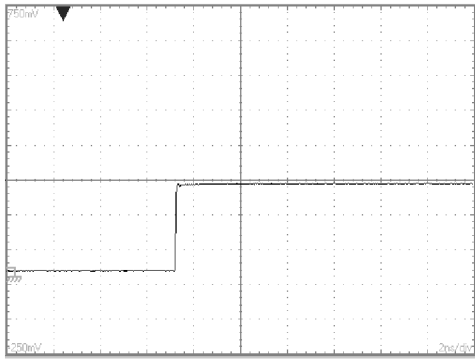
Обзор	Проведение синфазного или дифференциального измерения методом TDR	Элементы управления и ресурсы
Подготовка	1. Присоедините свой заземляющий браслет к антистатическому разъему на передней панели прибора. 2. Импульсный модуль 80E04 следует установить в цифровой анализатор DSA, осциллограф TDS или анализатор CSA. Система регистрации должна быть настроена на режим Run (пуск).	Подсоедините заземляющий браслет   См. документацию пользователя основного прибора или электронную справку по настройке масштаба и регистрации данных.

Обзор	Проведение синфазного или дифференциального измерения методом TDR	Элементы управления и ресурсы
Вход	3. Подсоедините линии электропередачи к импульсному модулю при помощи соответствующих конкретной задаче методов зондирования/подключения (например, два кабеля SMA, предпочтительно одинаковой длины). Подключите проверяемое устройство к линиям электропередачи (Подсоедините проводники дифференциальной линии к центральному проводникам. Соедините экраны друг с другом.).	
Предварительная установка функции TDR	4. Задайте начальные условия прибора (нажмите кнопку DEFAULT SETUP (настройка по умолчанию)). 5. Нажмите кнопку SETUP DIALOGS (диалоги настройки) и выберите вкладку TDR. 6. Нажмите в области Preset (предварительная установка) на вкладке TDR кнопки для обоих каналов (для импульсного модуля, подсоединенного к кабелям), чтобы включить их. Для обоих каналов выберите требуемую полярность. Функция Preset (предустановка) на вкладке TDR устанавливает значение Internal Clock (внутренний генератор тактовых импульсов) в меню Trigger (синхронизация), включает TDR Step (ступенька TDR) в меню TDR Setups (настройки TDR), включает канал и выбирает Units (единицы измерения) для регистрации данных в меню TDR Setups (настройки TDR). Импульсный модуль должен включить рядом с кнопками SELECT CHANNEL (выбор канала) красные индикаторы, указывающие на то, что для данных каналов активирована функция TDR. 7. Задайте для шкалы измерений единицы p. 8. Нажмите кнопку SETUP DIALOGS (диалоги настройки), чтобы закрыть диалоговое окно.	

Обзор	Проведение синфазного или дифференциального измерения методом TDR	Элементы управления и ресурсы
Установка других параметров функции TDR	9. Произведите регулировку Manual Step Deskew (ручная компенсация временного запаздывания ступенчатого сигнала), чтобы задать время, при котором генератор ступенчатого сигнала в правом канале зафиксировал ступеньку TDR относительно левого канала. Обратите внимание на то, что второй фронт сдвинут в горизонтальном направлении относительно первого. Отрегулируйте положение ступеньки правого генератора ступенчатого сигнала так, чтобы разделить несоответствие между каналами поровну между исходной ступенькой и ее отражениями. 10. После разделения поровну несоответствия между каналами при помощи функции Manual Step Deskew (ручная компенсация временного запаздывания ступенчатого сигнала), воспользуйтесь функцией Channel Deskew (канальная компенсация временного запаздывания) для совмещения передних фронтов отраженных сигналов. (См. стр. 38, <i>Настройка компенсации временного запаздывания ступенчатого сигнала TDR.</i>) 11. Нажмите кнопку SETUP DIALOGS (диалоги настройки). 12. Настройте параметры VERTICAL SCALE (шкала по вертикали) (в данном примере – 2,5 p) и HORIZONTAL SCALE (шкала по горизонтали) (в данном примере – 2 нс), чтобы получить кривую, похожую на изображенную. Оставьте, по крайней мере, одно деление основной кривой слева от первого фронта. Первым фронтом этой кривой является посланный импульсным модулем ступенчатый сигнал TDR; вторым фронтом – отраженный ступенчатый сигнал, возвращающийся от конца кабеля.	

Обзор	Проведение синфазного или дифференциального измерения методом TDR	Элементы управления и ресурсы
Синфазный режим метода TDR	13. Обратите внимание на то, что в синфазном режиме TDR оба канала предполагают генерирование положительного ступенчатого сигнала TDR. 14. Когда ступенчатые сигналы TDR в обоих каналах имеют одинаковую полярность (как положительную, так и отрицательную), пользователь может установить математическую форму осциллограммы, представляющей собой средний синфазный сигнал, нажатием кнопки VERTICAL MENU (меню по вертикали) с последующим выбором вкладки Vert (по вертикали), затем выбором Waveform M1 (осциллограмма M1), установкой флажка On (вкл.), и затем – Define (определить), C1, +, C2, Math Waveform On (включить математическую форму сигнала) и OK.	
Проведение измерения	15. Выполните свои измерения. Более детальную информацию см. в разделах <i>Проведение автоматических измерений</i> или <i>Проведение курсорных измерений</i>. (См. стр. 21, <i>Чтобы провести измерения методом TDR.</i>)	
Включение режима дифференциальных измерений TDR	16. Нажмите кнопку SETUP DIALOGS (диалоги настройки) и выберите вкладку TDR. 17. Щелкните в соответствующем поле области TDR STEP Polarity (полярность ступенчатого сигнала) одного из каналов, чтобы инвертировать полярность одного из генераторов ступенчатого сигнала. ПРИМЕЧАНИЕ. Ступенька TDR отображается инвертированной только в том случае, если в качестве единиц измерения выбраны вольты. 18. Нажмите кнопку SETUP DIALOGS (диалоги настройки).	

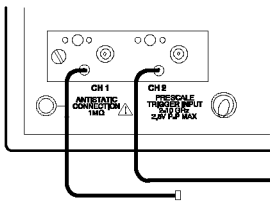
Обзор	Проведение синфазного или дифференциального измерения методом TDR	Элементы управления и ресурсы
Проведение дифференциальных измерений методом TDR	19. Для одного канала задается положительная ступенька TDR, а для другого – отрицательная. Эти условия задают проведение методом TDR дифференциального типа измерений.	
	20. Когда ступенчатые сигналы TDR в двух каналах имеют противоположную полярность (один положительный, а другой отрицательный), пользователь может установить математическую форму осциллограммы, представляющей собой дифференциальный сигнал, нажатием кнопки VERTICAL MENU (меню по вертикали) с последующим выбором вкладки Vert (по вертикали), затем выбором Waveform M1 (осциллограмма M1), установкой флажка On (вкл.), и затем – Define (определить), C1, +, C2, Math Waveform On (включить математическую форму сигнала) и OK. В качестве единиц измерения задайте p (при использовании вольт вычитите одну осциллограмму из другой).	
Проведение измерения	21. Выполните свои измерения. Более детальную информацию см. в разделах <i>Проведение автоматических измерений</i> или <i>Проведение курсорных измерений</i>. (См. стр. 21, <i>Чтобы провести измерения методом TDR.</i>)	

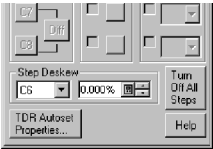
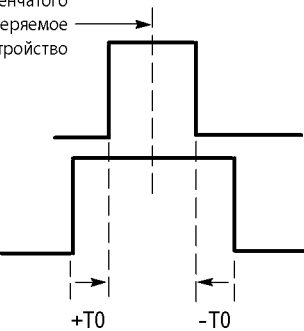
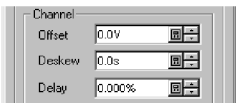
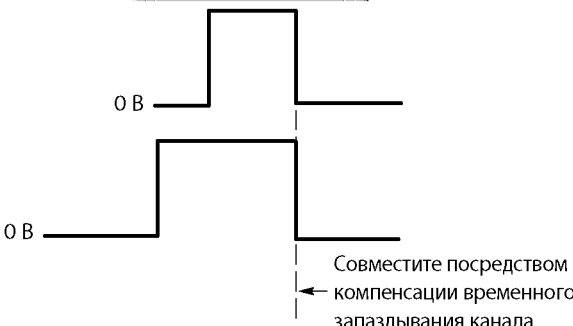
Обзор	Проведение синфазного или дифференциального измерения методом TDR	Элементы управления и ресурсы
Измерение временной характеристики прохождения сигнала (TDT)	22. При помощи модуля 80E04 можно выполнять измерения временных характеристик прохождения сигналов (Time Domain Transmission, TDT) в прямом и обратном направлениях. Для проведения измерений TDT подключите один канал импульсного модуля ко входу проверяемого устройства, а другой канал – к выходу проверяемого устройства. 23. Затем, чтобы выполнить измерения TDT в прямом и обратном направлениях, попеременно включайте генераторы ступенчатых сигналов в одном канале, при этом производя отсчеты передаваемого сигнала в другом канале. Таким образом, производится измерение прошедшего через проверяемое устройство ступенчатого сигнала, а не отраженного от него (как в случае метода TDR). ПРИМЕЧАНИЕ. Если второй канал не подключен к тому же устройству, что и первый, в противовес ступенчатому сигналу, прошедшему через устройство, появляется изображение перекрестной наводки.	 Проверяемое устройство 
Проведение измерения	24. Выполните свои измерения. Дополнительные сведения см. Более детальную информацию см. в разделах <i>Проведение автоматических измерений</i> или <i>Проведение курсорных измерений</i>. (См. стр. 21, <i>Чтобы провести измерения методом TDR.</i>)	

Настройка компенсации временного запаздывания ступенчатого сигнала TDR

При проведении дифференциальных или синфазных измерений методом TDR два ступенчатых сигнала могут прийти к плоскости отсчета одновременно

(обычно это точка подключения к проверяемому устройству). Чтобы настроить компенсацию временного запаздывания ступенчатого сигнала TDR, выполните следующие действия:

Обзор	Настройка компенсации временного запаздывания ступенчатого сигнала TDR	Элементы управления и ресурсы
Подготовка	1. Отсоедините кабели передачи сигнала от проверяемого устройства в месте их подключения или накоротко подсоедините обе линии к контуру заземления проверяемого устройства. Для данной процедуры показаны короткозамкнутые линии. 2. Установите компенсацию временного запаздывания в нулевое положение.	 Проверяемое устройство

Обзор	Настройка компенсации временного запаздывания ступенчатого сигнала TDR	Элементы управления и ресурсы
Настройка компенсации временного запаздывания ступенчатого сигнала TDR	3. Затем в окне настройки TDR выполните ручную компенсацию временного запаздывания ступенчатого сигнала (Manual Step Deskew) таким образом, чтобы задержка распространения (T_0) между падающими фронтами была равна задержке распространения между отраженными фронтами, как показано на рисунке. При использовании математической функции больше не производите настройку ступенчатого сигнала, а отрегулируйте компенсацию временного запаздывания канала, см. следующий пункт.	 Прибытие ступенчатого сигнала в проверяемое устройство 
Регулировка компенсации временного запаздывания канала	При некоторых видах измерений и процедурах математического суммирования или сравнения у пользователя может возникнуть потребность произвести визуальное выравнивание фронтов отраженных сигналов обоих ступенчатых сигналов TDR даже в случае задержки времени подачи ступенчатого сигнала для одного канала на предыдущем шаге. 4. Чтобы это сделать, сначала произведите описанную выше компенсацию временного запаздывания. Затем в окне Vertical Setup (настройки по вертикали) выполните компенсацию временного запаздывания каналов.	 

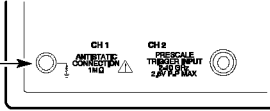
Требования по уходу за разъемом и адаптером

В настоящем разделе описано, как следует содержать и использовать разъемы и адаптеры электрических модулей, включая защиту от электростатического разряда (ESD), чистку разъемов, выполнение сборки и затяжки разъемов.

Электростатический разряд

Защита от электростатического разряда является обязательным условием при подключении, проверке или чистке разъемов, связанных с чувствительным к статическому электричеству контуром. Электростатические разряды, слишком слабые для того, чтобы их можно было почувствовать, способны вызывать необратимые повреждения, тогда как проверяемые устройства могут нести на себе электростатический заряд. Во избежание повреждения

устройств и отдельных компонентов используйте приведенные ниже процедуры.

Обзор	Для защиты от электростатического разряда	Элементы управления и ресурсы
Предотвращение электростатического разряда	1. Перед своим тестовым оборудованием всегда держите заземленный антистатический половичок. 2. Работая в помещении с проводящим полом, даже если вы не знаете наверняка, является ли он проводящим, всегда надевайте пяточную перемычку. 3. При работе с компонентами и устройствами, при выполнении подключений к испытательной установке всегда надевайте заземляющий браслет для рук с последовательно включенным сопротивлением 1 МОм.	
Процедуры по предотвращению электростатического разряда	1. Присоедините свой заземляющий браслет к антистатическому разъему на передней панели прибора. См. рисунок справа. 2. Во избежание электростатического разряда при чистке заземляйте наконечник шланга. 3. Правильно устанавливайте давление.(См. стр. 41, <i>Чистка разъемов.</i>)	Подсоедините заземляющий браслет 

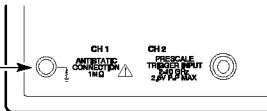
Визуальная проверка

Визуальная проверка и, если необходимо, чистка должны выполняться при каждом подключении. Подключение неисправного или загрязненного разъема может привести к такому повреждению разъема, когда его ремонт будет уже невозможен. В некоторых случаях, чтобы увидеть, что разъем поврежден, необходимо использовать увеличение. Однако видимые только при увеличении дефекты – не единственное, на что следует обращать внимание. При проверке состояния разъемов руководствуйтесь следующими инструкциями:

- Сначала проверяйте разъемы на наличие видимых повреждений и дефектов, таких как износ гальванического покрытия на поверхности сопряжения, сломанные, погнутые или смещенные центральные проводники, деформированная резьба.
- Снижайте износ разъемов, стараясь содержать их в чистоте и подключая надлежащим образом.
- Заменяйте калибровочные устройства с изношенными разъемами; когда это приемлемо, пользуйтесь адаптером на входном разъеме для минимизации степени износа.
- Проверяйте поверхности сопряжения разъемов на наличие зазубрин, царапин, загрязнений и твердых частиц. Проверяйте на наличие повреждений, связанных с неправильным совмещением, чрезмерной несоосностью или износом.
- При использовании разъемов с прорезями внимательно осматривайте контактные штыри в центральной жиле гнезда. Повреждение, которое не всегда бывает легко разглядеть, может стать причиной плохого электрического контакта. Это особенно важно при сопряжении прецизионного устройства с непрецизионным.

Чистка разъемов

Чистые разъемы – это обязательное условие для обеспечения целостности ВЧ и коаксиальных соединений. В настоящем разделе описаны предосторожности, которые необходимо соблюдать при чистке, чистка резьбы разъемов, чистка ровных поверхностей сопряжения разъемов и процедура осмотра разъемов.

Обзор	Инструкции по надлежащему выполнению процедур чистки	Элементы управления и ресурсы
Предосторожности, которые необходимо соблюдать при чистке	1. Во избежание электростатического разряда заземляйте наконечник шланга. (См. стр. 39, <i>Электростатический разряд</i>.) 2. Источник воздуха или азота непосредственно перед выпускным шлангом должен иметь эффективный фильтр масляных паров и конденсатную ловушку для жидкостей. 3. При использовании сжатого воздуха или азота всегда надевайте защитные очки. 4. Устанавливайте уровень давления не выше 414 кПа, чтобы обеспечить управление скоростью потока воздуха. Если сжатый воздух направить прямо на разъем, он может спровоцировать электростатический разряд. 5. Изопропиловый спирт держите вдали от источников тепла, искр и пламени. Храните его надлежащим образом, а в случае возгорания используйте для тушения спиртовую пену, огнетушащий порошок или углекислый газ, поскольку вода в данном случае может оказаться неэффективной. 6. Изопропиловый спирт используйте в условиях достаточной вентиляции помещения и избегайте его попадания в глаза, на кожу и одежду. По окончании работы с ним тщательно вымойте руки. 7. В случае проливания промокните соответствующее место песком или землей, а затем промойте его. 8. Ликвидируйте изопропиловый спирт в соответствии с действующими федеральными, региональными или местными постановлениями.	Подсоедините заземляющий браслет 

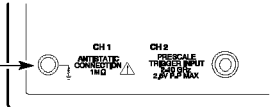
Обзор	Инструкции по надлежащему выполнению процедур чистки	Элементы управления и ресурсы
Чистка резьбы разъемов	1. Используйте сжатый воздух или азот для того, чтобы ослабить сцепление частиц на ровных поверхностях сопряжения разъема. См. рекомендованные выше <i>Предосторожности</i>. 2. Чтобы удалить грязь или неподатливые загрязнители на разъеме, которые не могут быть удалены при помощи сжатого воздуха или азота, нанесите небольшое количество изопропилового спирта на безворсовый чистящий материал. Рекомендуется использовать стандартный губчатый материал. 3. Выполните чистку резьбы разъема. 4. После того как спирт испарится, просушите резьбу при помощи сжатого воздуха или азота низкого давления. Убедитесь, что резьба полностью просохла, прежде чем собирать разъем.	

Обзор	Инструкции по надлежащему выполнению процедур чистки	Элементы управления и ресурсы
Чистка сопрягаемых ровных поверхностей	1. Нанеся небольшое количество изопропилового спирта на безворсовый чистящий материал, почистите сопрягаемые поверхности центрального и наружного проводников. 2. После того как спирт испарится, просушите сопрягаемые поверхности при помощи сжатого воздуха или азота низкого давления. Прежде чем собирать разъем, убедитесь, что он полностью просох.	

Обзор	Инструкции по надлежащему выполнению процедур чистки	Элементы управления и ресурсы
Осмотр разъема	1. Осмотрите разъем, чтобы убедиться, что в нем не осталось загрязнений. 2. См. <i>Визуальная проверка</i>. (См. стр. 40.)	

Сборка и затяжка соединений

Для обеспечения хороших соединений требуется квалифицированный оператор. Наиболее частой причиной возникновения погрешностей при измерениях являются плохие соединения. Предлагаемые в настоящем разделе процедуры позволяют обеспечить надежные соединения.

Обзор	Как правильно выполнить сборку и затяжку разъемов	Элементы управления и ресурсы
Подготовка и меры предосторожности	1. Заземлите себя и все устройства. Наденьте на руку заземленный браслет и выполняйте все работы на заземленном проводящем плоском половике. (См. стр. 39, <i>Электростатический разряд</i>.)См. рисунок справа. 2. Осмотрите разъемы. (См. стр. 40, <i>Визуальная проверка</i>.) 3. Если необходимо, почистите разъемы. (См. стр. 41, <i>Чистка разъемов</i>.) 4. Воспользуйтесь калибром разъема, чтобы убедиться, что все центральные проводники находятся в пределах наблюдаемых значений глубин контактов. 5. В случае многоштырьковых соединений всегда устанавливайте нераздвижной гаечный ключ на внутреннюю (стационарную) часть соединения, а крутящий момент прикладывайте к наружной подвижной части. 6. Всегда затягивайте одноштырьковое соединение, и никогда – многоштырьковые.	Подсоедините заземляющий браслет 

Обзор	Как правильно выполнить сборку и затяжку разъемов	Элементы управления и ресурсы
Затягивание внешнего разъема на встроенном разъеме	1. Аккуратно совместите разъемы друг с другом. Штырь штекерного разъема должен плавно и соосно войти в контактный штырь гнездового разъема. 2. Вставьте разъемы друг в друга до упора и плотно затяните соединительную гайку. Не поворачивайте корпус устройства. Обычно по мере совмещения центральных проводников возникает некоторое сопротивление. Для предварительного соединения достаточно равномерного, легкого контакта – не следует перетягивать. 3. Проследите за тем, чтобы разъемы были надлежащим образом закреплены. При необходимости устраните боковое давление, оказываемое на соединение длинными или тяжелыми устройствами или кабелями.	

Обзор	Как правильно выполнить сборку и затяжку разъемов	Элементы управления и ресурсы
Затягивание многоштырьковых внешних разъемов	1. Если разъем полностью разобран, собирайте соединения, начиная с наружных подвижных частей и заканчивая внутренними (стационарными). Порядок разборки должен следовать от внутренних частей к наружным. 2. Если сборка начинается из частично разобранного состояния, например, с защитного блока сопряжения, оставьте части данного узла без изменения. 3. Обеспечьте максимальную защиту и минимальное возмущение соединения, на которое планируется установить защитный блок сопряжения.	

Обзор	Как правильно выполнить сборку и затяжку разъемов	Элементы управления и ресурсы
Соединение двух стационарных разъемов при помощи полужесткого коаксиального кабеля	1. Расположите кабель и выберите такой порядок соединений, чтобы минимизировать боковую и торцевую нагрузки на последнее соединение. 2. Если имеется возможность, используйте защитный разъем для предотвращения или снижения степени повреждения разъема.	

Обзор	Как правильно выполнить сборку и затяжку разъемов	Элементы управления и ресурсы
Окончательное соединение	1. Для выполнения окончательного соединения воспользуйтесь динамометрическим ключом. (См. таблицу 5.) 2. Поворачивайте только гайку разъема, который требуется затянуть. Если необходимо удерживать корпус устройства от поворота, воспользуйтесь гаечным ключом с открытым зевом. 3. Прежде чем прикладывать усилие, расположите оба гаечных ключа под углом 90 градусов друг относительно друга. См. рисунок справа. 4. Удерживайте динамометрический ключ без усилий за конец рукоятки. 5. Приложите усилие в нижнем направлении перпендикулярно рукоятке гаечного ключа, тем самым создавая момент, действующий на соединение. 6. Затягивайте соединение, пока гаечный ключ не пойдет на излом. Не затягивайте соединение с избыточным усилием.	

Таблица 5: Информация о динамометрическом ключе

Тип разъема	Настройка момента	Допуск момента
SMA	56 Н-см	$\pm 5,6$ Н-см
2,4 мм	90 Н-см	$\pm 9,0$ Н-см
2,92 мм	90 Н-см	$\pm 9,0$ Н-см
3,5 мм	90 Н-см	$\pm 9,0$ Н-см

Измерение полного сопротивления TDR

Данное автономное приложение выполняет процедуры калибровки TDR, предусмотренные методологией испытаний стандарта IPC-TM-650. Оно повышает точность и улучшает повторяемость измерений полного сопротивления посредством калибровки схемы испытаний с целью корректировки потерь и разрывов непрерывности сопротивления. Кроме того, это приложение может использовать базу данных для хранения измерений, выполненных методом TDR. Это приложение не установлено на данном приборе, но его можно установить с поставляемого вместе с прибором компакт-диска, содержащего демонстрационное приложение для серии 8000.

Более подробную информацию см. в *электронной справке по приложению для измерения полного сопротивления методом TDR*.

Обнаружение перегоревших входов

Проверка на наличие повреждений

Вследствие своих технологических особенностей широкополосные импульсные модули легко уязвимы возникающими на входе электростатическими разрядами и электрическими перенапряжениями.

Повреждение может произойти мгновенно. В большинстве случаев при повреждении в результате электрического перенапряжения кривая становится плоской. Как правило, она включает в себя кратковременный разряд большого тока. Повреждения могут выразиться в перегоревших диодах, о чем можно судить по большому сдвигу или по отсутствию отклика на входной сигнал.

Чтобы проверить наличие повреждения, выполните следующие процедуры:

- При проверке импульсного модуля 80E04, оборудованного функцией TDR, присоедините оконечную нагрузку с сопротивлением 50 Ом ко входу канала и выполните измерения методом TDR для присоединенного устройства. Установите значение HORIZONTAL SCALE (шкала по горизонтали), равное 500 нс/дел. Это позволит отобразить полный ступенчатый сигнал TDR от фронта и до фронта. Отобразите верхнюю часть ступенчатого сигнала в масштабе 40 мВ/дел. и проверьте степень его плоскостности. Если верхняя часть сигнала выгнулась, просела, искривилась или наклонилась, можно предположить, что модуль получил повреждение в результате электростатического разряда, и необходим его ремонт. (См. рис. 16 на странице 47.)
- При проверке не располагающего функцией TDR импульсного модуля выполните процедуру, похожую на предыдущую, но используйте внешний источник ступенчатого сигнала.

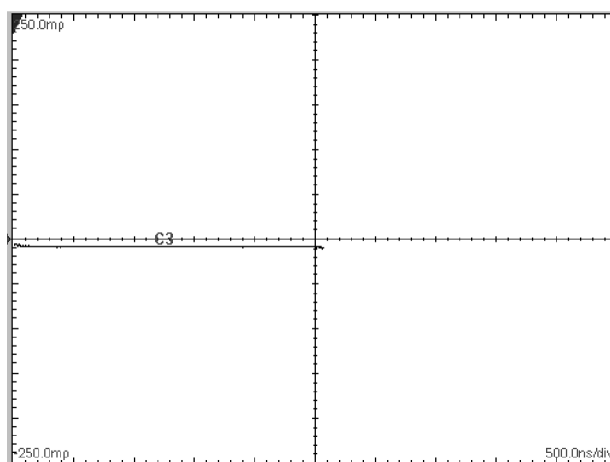


Рис. 16: Ступенчатый сигнал TDR неповрежденного импульсного модуля

Предотвращение электрического перенапряжения (EOS)

Электрическое перенапряжение возникает тогда, когда на вход электронного устройства подается напряжение, превышающее максимально допустимый уровень. Аналогично электростатическому разряду (ESD) электрическое перенапряжение обычно возникает из-за электростатических зарядов, генерируемых движущимися элементами. Однако в отличие от электростатического разряда, который обычно характеризуется тысячами вольт, электрическое перенапряжение может возникать при низких уровнях напряжений. Для модулей Tektronix серии 80E00 повреждение под действием электрического перенапряжения может происходить уже на уровне 10 В. Электрическое перенапряжение может иметь кумулятивный эффект: повторяющиеся электрические перенапряжения приводят к

увеличению повреждения со временем и к нарушению работы функции дискретизации.

Предотвращение

Стандартные предосторожности, предпринимаемые для предотвращения электростатического разряда, не очень эффективны для предотвращения повреждений вследствие электрического перенапряжения. Это особенно справедливо в случае, если проверяемое устройство изолировано от всех уровней опорного напряжения, включая уровень заземления. Во избежание повреждения модулей серии 80E00 от воздействия электрического перенапряжения, строго следуйте требованиям по предотвращению электрического перенапряжения:

- Придерживайтесь всех процедур, направленных на предотвращение электрического перенапряжения.
- Прежде чем прикасаться наконечником пробника к проверяемому устройству, при помощи заземляющего проводящего элемента обеспечьте сток остаточного заряда в точке тестирования.
- При обследовании проверяемого устройства проследите, чтобы вблизи не было движущегося персонала или других объектов. Движущийся персонал или прочие движущиеся объекты могут наводить паразитные заряды на головке пробника. Такие заряды легко достигают уровней порядка нескольких сотен вольт.
- Для некритических приложений правильное использование блока изоляции от статического электричества, такого как модуль защиты Tektronix 80A02 EOS/ESD, позволяет благополучно снимать остаточные заряды и защищать модули от повреждений вследствие электрического перенапряжения.

Проверка на наличие повреждений

Если верхняя часть осциллограммы выгнулась, просела, искривилась или наклонилась, можно предположить, что модуль получил повреждение в результате электростатического разряда, и необходим его ремонт. На следующем рисунке показаны типичные признаки осциллограммы, указывающие на повреждение из-за электрического перенапряжения. (См. рис. 17 на странице 49.)

Следует также помнить, что электрическое перенапряжение может иметь кумулятивный характер. Это означает, что каждый раз, когда во время испытаний происходит электрическое перенапряжение, его последствия могут накапливаться до тех пор, пока не приведут к более серьезному повреждению. (См. рис. 18 на странице 50.) В этом примере доля выброса возрастает.

Чтобы проверить наличие повреждения, выполните следующие процедуры:

При проверке импульсного модуля 80E04, оборудованного функцией TDR, присоедините оконечную нагрузку с сопротивлением 50 Ом ко входу канала и выполните измерения методом TDR для присоединенного устройства:

1. Выберите канал TDR, который нужно включить.
2. Выполните предварительную установку функции TDR.
3. Установите значение HORIZONTAL SCALE (шкала по горизонтали), равное 2 мкс/дел. Настройка по вертикали должна составлять 200 мр, как показано на рисунке. Это позволит отобразить полный ступенчатый сигнал TDR от фронта и до фронта. Отобразите верхнюю часть ступенчатого сигнала в масштабе 40 мр/дел. и проверьте степень его плоскостности. Верхняя часть осциллограммы должна быть плоской.

При проверке не располагающего функцией TDR импульсного модуля выполните процедуру, похожую на предыдущую, но используйте внешний источник ступенчатого сигнала.

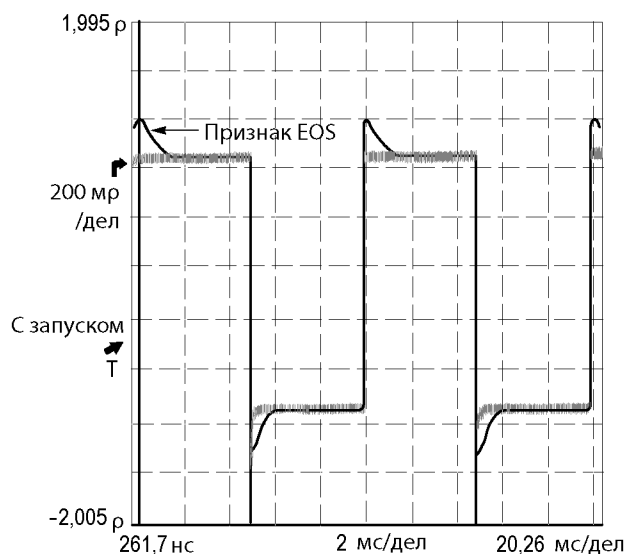


Рис. 17: Первый пример – погрешность, возникающая в результате электрического перенапряжения

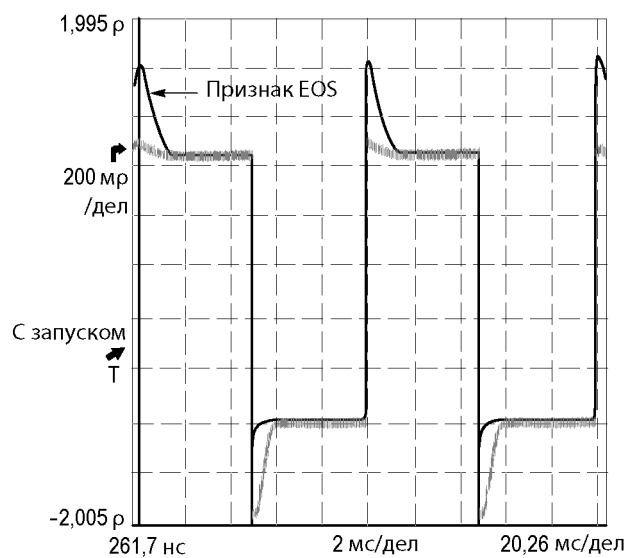


Рис. 18: Второй пример – накопление погрешности в результате многократных электрических перенапряжений

Технические характеристики

Электрические импульсные модули

В настоящем разделе содержатся технические характеристики импульсных модулей 80E01, 80E02, 80E03, 80E04 и 80E06. Все характеристики гарантируются, если они не помечены как «типичные». Типичные характеристики приводятся для удобства, но их значения могут отличаться от указанных. Технические характеристики, помеченные символом ✓, можно проверить в руководстве по *Техническим характеристикам и проверке эксплуатационных параметров DSA8200*.

Все характеристики относятся ко всем моделям импульсных модулей, если не оговорено иного. Чтобы получить заявленные технические характеристики, необходимо выполнение трех условий:

- Прибор должен быть откалиброван и настроен при температуре окружающей среды от 20 до 30 °C.
- Осциллограф должен проработать непрерывно в течение 20 минут в указанном рабочем диапазоне температур.
- Прибор должен эксплуатироваться в условиях, когда температура окружающего воздуха, высота над уровнем моря, относительная влажность и уровень вибраций находятся в пределах, описанных в данных технических характеристиках.

ПРИМЕЧАНИЕ. Понятие «интерфейс дискретизации» относится как к интерфейсу электрических импульсных модулей, так и к интерфейсу оптических модулей, если не оговорено иного.

Таблица 6: Электрические импульсные модули – Описания

Импульсный модуль	Описание
80E01	1 канал, полоса пропускания 50 ГГц (время нарастания 7 пс), импульсный модуль с сопротивлением 50 Ом.
80E02	2 канала, полоса пропускания 12,5 ГГц (время нарастания 28 пс), 50 Ом, малозумящий импульсный модуль.
80E03	2 канала, полоса пропускания 20 ГГц (время нарастания 17,5 пс), импульсный модуль с сопротивлением 50 Ом.
80E04	2 канала, полоса пропускания 20 ГГц (время нарастания 17,5 пс), 50 Ом, TDR/импульсный модуль с возможностью проведения несимметричных, синфазных и дифференциальных измерений методом TDR, 35 пс.
80E06	1 канал, полоса пропускания 70 ГГц (время нарастания 5,0 пс), импульсный модуль с сопротивлением 50 Ом.

Таблица 7: Электрические импульсные модули – Регистрация сигнала

Технические характеристики	Характеристики	
Интерфейс вспомогательного оборудования в реальном масштабе времени	Tekprobe – интерфейс SMA обеспечивается через интерфейс электрического импульсного модуля, один на вертикальный канал.	
Входной разъем канала	<i>Импульсный модуль</i>	<i>Входные разъемы</i>
	80E02, 80E03, 80E04	Прецизионный разъем-гнездо диаметром 3,5 мм.
	80E01	Прецизионный разъем-гнездо диаметром 2,4 мм (в комплект включен адаптер 2,4 мм штекер – 2,92 мм (К) гнездо, номер по каталогу 015-0703-xx).
	80E06	Прецизионный разъем-гнездо диаметром 1,85 мм (V) (в комплект включен адаптер 2,4 мм штекер – 2,92 мм (К) гнездо, номер по каталогу 015-0703-xx).
Количество входных каналов	<i>Импульсный модуль</i>	<i>Число каналов</i>
	80E01, 80E06	1
	80E02, 80E03, 80E04:	2
✓ Входное сопротивление	50 ± 0,5 Ом	
Вертикальный динамический диапазон	1 В _{размах} (смещение ± 500 мВ)	
Вертикальный рабочий диапазон ¹ , максимум	±1,6 В	
Вертикальный неразрушающий диапазон ² (максимальное входное напряжение)	<i>Импульсный модуль</i>	<i>Максимальное входное</i>
	80E01, 80E06	2,0 В (постоянный ток + пиковое значение переменного тока)
	80E02, 80E03, 80E04	3,0 В (постоянный ток + пиковое значение переменного тока)
Число оцифрованных бит по вертикали	14 бит на всю шкалу	
Диапазон чувствительности по вертикали ³	Диапазон доступных полномасштабных входных настроек. От 10 мВ до 1 В вся шкала	
Диапазон температуры компенсации	±5 °C около температуры, при которой выполнялась компенсация. Если на основном приборе меняется отсек, используется удлинитель импульсного модуля или изменяется длина удлинителя импульсного модуля, канал необходимо перекомпенсировать.	
✓ Погрешность напряжения постоянного тока, точечная, в пределах ±5 °C компенсированной температуры	±2 мВ ±0,007 (назначенное смещение) ±0,02 (значение по вертикали – назначенное смещение)	
✓ Отклонение напряжения постоянного тока по вертикали от линейной подгонки методом наименьших квадратов	±10 мВ	

Таблица 7: Электрические импульсные модули – Регистрация сигнала (прод.)

Технические характеристики	Характеристики	
✓ Время нарастания ⁴	Импульсный модуль	Время нарастания
	80E01	≤7 пс, типичное значение
	80E02	≤28 пс
	80E03 и 80E04	≤17,5 пс
	80E06	≤5,0 пс, типичное значение
✓ Аналоговая полоса пропускания ⁵	Импульсный модуль	Полоса пропускания
	80E01	50 ГГц
	80E02	12,5 ГГц, типичное значение
	80E03 и 80E04	20 ГГц, типичное значение
	80E06	65 ГГц 70 ГГц, типичное значение
Искажения отклика на ступенчатый сигнал ⁷ , типичные значения	Импульсный модуль	Искажения, ступенчатый переходный процесс ⁶
	80E02, 80E03 и 80E04	±3 % или менее в диапазоне от 10 нс до 20 пс перед ступенчатым переходным процессом +10 %, –5 % или менее в течение первых 300 пс после ступенчатого переходного процесса ±3 % или менее в диапазоне от 300 пс до 5 нс после ступенчатого переходного процесса ±1 % или менее в диапазоне от 5 до 100 нс после ступенчатого переходного процесса ±0,5 % по истечении 100 нс, следующих за ступенчатым переходным процессом
	80E01	±3 % или менее в диапазоне от 10 нс до 20 пс перед ступенчатым переходным процессом +12%, –5 % или менее в течение первых 300 пс после ступенчатого переходного процесса +5,5 %, –3 % или менее в диапазоне от 300 пс до 3 нс после ступенчатого переходного процесса ±1 % или менее в диапазоне от 3 до 100 нс после ступенчатого переходного процесса ±0,5 % по истечении 100 нс, следующих за ступенчатым переходным процессом

Таблица 7: Электрические импульсные модули – Регистрация сигнала (прод.)

Технические характеристики	Характеристики	
Выброс отклика на ступенчатый сигнал ⁷ , типичное значение	80E06	+5 % или менее в течение первых 300 пс после ступенчатого переходного процесса
✓ Случайный шум, с отображением	<i>Импульсный модуль</i>	<i>Шум</i>
	80E01	≤2,3 мВ _{ср. кв.} 1,8 мВ _{ср. кв.} , типичное значение
	80E02	≤800 мкВ _{ср. кв.} 400 мкВ _{ср. кв.} , типичное значение
✓ Случайный шум, с отображением	80E03 и 80E04	≤1,2 мВ _{ср. кв.} 600 мкВ _{ср. кв.} , типичное значение
✓ Случайный шум, с отображением	80E06	≤2,4 мВ _{ср. кв.} ≤1,8 мВ _{ср. кв.} , типичное значение
Диапазон смещения ¹	±1,6 В	

- ¹ Вертикальный рабочий диапазон – это максимальный диапазон, в котором могут функционировать смещение плюс пиковый входной сигнал. Смещение как функция чувствительности по вертикали и динамического диапазона может быть ограничено, так что никакой сигнал, превышающий максимальный рабочий диапазон, не сможет быть отображен.
- ² Вертикальный неразрушающий диапазон – это максимальный диапазон, в котором могут функционировать смещение плюс пиковый входной сигнал без необратимого ущерба для прибора. За пределами вертикального рабочего диапазона обеспечение заявленных технических характеристик прибора не гарантируется.
- ³ Диапазоны входных сигналов в соответствии со стандартом 1057 IEEE, раздел 2.2.1.
- ⁴ Стандарт 1057 IEEE, раздел 4.8.2, Продолжительность переходного процесса при регистрации отклика на ступенчатый сигнал. Время нарастания для модуля 80E01 рассчитывается исходя из произведения 0,35 полосы пропускания на время нарастания. Время нарастания для модуля 80E06 рассчитывается исходя из произведения 0,35 типичной полосы пропускания на время нарастания.
- ⁵ Стандарт 1057 IEEE, раздел 4.6, Аналоговая полоса пропускания.
- ⁶ Стандарт 1057 IEEE, раздел 4.8.4, Выброс и предшественники. Прохождение ступенчатого сигнала происходит в точке минимального радиуса кривизны осциллограммы, после точки, соответствующей 50 % высоты амплитуды переднего фронта ступенчатого сигнала.
- ⁷ При тестировании с помощью V-образного разъема, оборудованного сверхбыстрым PIN-фотодетектором с сопротивлением 50 Ом и полосой пропускания более 50 ГГц, приводимым в действие сверхбыстрым лазером с синхронизированными модами (например, Calmar FPL-01).
- ⁸ Поскольку разъем диаметром 2,4 мм этого адаптера должен механически стыковаться с разъемом диаметром 1,85 мм модуля 80E06, он служит в качестве разъема 1,85 мм – 2,92 мм для модуля 80E06.

Таблица 8: Электрический импульсный модуль (80E04) – Система TDR

Технические характеристики	Характеристики	
Количество каналов TDR	2, один на канал	
Полярность функции TDR и выбор режимов работы	Положительная полярность, отрицательная полярность и выключение функции TDR выбираются независимо для каждого канала	
Максимальное входное напряжение	Не подавайте напряжение на вход во время работы функции TDR	
Амплитуда сигнала TDR	250 мВ каждой полярности, типичное значение	
✓ Время нарастания отраженного сигнала в системе TDR ¹	≤35 пс каждой полярности	
Время нарастания исходного сигнала в системе TDR	28 пс, типичное значение	

Таблица 8: Электрический импульсный модуль (80E04) – Система TDR (прод.)

Технические характеристики	Характеристики
Максимальная частота следования ступенчатых сигналов TDR	200 кГц
Искажения отклика на ступенчатый сигнал системы TDR ²	±3 % или менее в диапазоне от 10 нс до 20 пс перед ступенчатым переходным процессом +10 %, –5 % или менее, типичные значения, в течение первых 400 пс после ступенчатого переходного процесса ±3 % или менее в диапазоне от 400 пс до 5 нс после ступенчатого переходного процесса ±1 % или менее по истечении 5 нс, следующих за ступенчатым переходным процессом

¹ Стандарт 1057 IEEE, раздел 4.8.2, Продолжительность переходного процесса при регистрации отклика на ступенчатый сигнал.

² Стандарт 1057 IEEE, раздел 4.8.4, Выброс и предшественники.

Таблица 9: Электрические импульсные модули – Система временной развертки

Технические характеристики	Характеристики
Частота дискретизации	От 0 до 200 кГц максимум
Диапазон положений по горизонтали, минимум (диапазон регулировки компенсации временного запаздывания между каналами)	≤19 нс, без удлинительного кабеля, с внешней прямой синхронизацией

Таблица 10: Электрические импульсные модули – Потребляемая мощность

Технические характеристики	Характеристики	
Рассеиваемая мощность	<i>Импульсный модуль</i>	<i>Рассеиваемая мощность</i>
	80E01	1,1 Вт
	80E02, 80E03	1,8 Вт
	80E04	3,2 Вт
	80E06	2,4 Вт

Таблица 11: Электрические импульсные модули – Механические характеристики

Технические характеристики	Характеристики
Масса (без упаковки)	0,4 кг

Таблица 11: Электрические импульсные модули – Механические характеристики (прод.)

Технические характеристики	Характеристики
Габаритные размеры	Высота: 25 мм Ширина: 79 мм Толщина: 135 мм Не учитываются разъемы, защитные устройства разъемов, крышки разъемов, кнопки или фиксируемые аппаратные части, выступающие за пределы передней и задней панелей.
Материалы конструкции	Шасси: алюминиевый сплав Передняя панель: слоистый пластик Монтажные платы: слоистый стеклопластик Корпус: алюминий

ПРИМЕЧАНИЕ. Об условиях эксплуатации см. в документации, прилагаемой к основному прибору.

Словарь терминов

Погрешность

Близость отображаемого значения к фактическому.

Аналого-цифровой преобразователь

Устройство для преобразования аналогового сигнала в цифровой

Ослабление

Уменьшение значения тока, напряжения или мощности сигнала.

Аттенюатор

Электронный преобразователь, уменьшающий амплитуду сигнала.

Автоустановка

Средство, позволяющее прибору самостоятельно настроиться, чтобы обеспечить создание устойчивого и содержательного изображения данной кривой.

Полоса пропускания

Диапазон частот, с которым работает устройство или система. Полоса пропускания является мерой производительности сети. Аналоговая полоса пропускания измеряется в циклах в секунду. Цифровая полоса пропускания измеряется в битах информации в секунду.

Канал

Место подключения сигнала или подсоединения сети или линии электропередачи к импульсным модулям.

Режим синфазного сигнала

Условия, когда сигналы на обеих сторонах дифференциальной сети совпадают по фазе.

дБ

Децибел: метод выражения отношений мощностей или напряжений. Децибел имеет логарифмический масштаб. Формула определения децибела:

$$dB = 20 \times \log \left(\frac{V_i}{V_{ref}} \right)$$

где V_i – напряжение падающего импульса, а V_{ref} – опорное напряжение.

Диалоговое окно

Отображаемое окно, в котором пользователь вводит команды, адресованные прибору.

Дифференциальный режим

Условия, когда фактический сигнал и его логическое отрицание передаются по паре проводников.

Цифровой сигнал

Сигнал, состоящий из последовательности дискретных импульсов.

Электрическое перенапряжение (EOS)

Электрическое перенапряжение возникает тогда, когда на вход электронного устройства подается напряжение, превышающее максимально допустимый уровень.

Внешнее ослабление

Уменьшение значения тока, напряжения или мощности сигнала за пределами импульсного модуля.

Полное сопротивление

Противодействие сигналу переменного тока в проводе. Полное сопротивление очень похоже на сопротивление сигналу постоянного тока в контуре постоянного тока. Полное сопротивление состоит из активного, индуктивного и емкостного сопротивлений.

Исходный ступенчатый сигнал

Электроэнергия, распространяемая генератором ступенчатого сигнала TDR. Регистрируемая осциллограмма отображает этот ступенчатый сигнал и все отражения, возникающие в проводнике сигнала.

Инициализация

Установка всех параметров основного прибора в исходное состояние, соответствующее настройке по умолчанию.

Внутренний генератор тактовых импульсов

Источник синхронизации, работающий внутри прибора и используемый для синхронизации генераторов ступенчатых сигналов TDR. Доступен также на разъеме Internal Clock Output (выход тактовых импульсов внутреннего генератора) передней панели

«Ро» (ρ)

При проведении измерений методом TDR – отношение исходного ступенчатого сигнала к отраженному. Значение «ро», равное 1, означает полное отражение.

Настройка

Состояние передней панели и системы в определенный момент времени.

TDR

Измеритель отраженного сигнала: прибор, который испускает энергию в виде ступенчатых сигналов и измеряет амплитуду и временной интервал отраженных сигналов. Если скорость передачи энергии по кабелю известна, расстояния до особенностей в кабеле могут быть вычислены и показаны. И наоборот, может быть вычислена скорость, с которой энергия передается по кабелю известной длины. Путь, на котором происходит отражение энергии, и количество отраженной энергии позволяют определить состояние кабеля.

Временные характеристики прохождения сигнала (TDT)

Метод определения характеристик линии электропередачи или сети путем пропускания сигнала через сеть и мониторинга выходного сигнала.

Синхронизация

Электрическое событие, инициирующее регистрацию выборки в соответствии с условиями, определяемыми временной разверткой.

Осциллограмма

Визуальное отображение входного сигнала или комбинации сигналов.

Предметный указатель

А

Автоматические измерения, 25
Автоустановка, 57
Аналого-цифровой
 преобразователь, 57
Аттенюатор, 57

В

Взаимодействие в системе, 13
Визуальная проверка, 40
Внешнее ослабление, 58
Внутренний генератор тактовых
 импульсов, 58
Временные характеристики
 прохождения сигнала, 59
Входное напряжение,
 максимум, 11
Выбор канала, 12

Г

Генератор ступенчатого сигнала
 использование, 18, 19, 20
Генерирование ступенчатого
 сигнала, TDR, 18

Д

дБ, 57
Децибел, 57
Диалоговое окно, 58
Дифференциальные измерения
 методом TDR, 18, 33
Дифференциальный режим, 58

Е

Единицы «ро», выбор, 24
Единицы по горизонтали,
 выбор, 24

И

Измерения
 Автоматические, 25
 Курсор, 26
Измерения методом TDR, 17
Измерения, TDR, 17, 32
Измеритель отраженного
 сигнала, 59
Инициализация, 58
Исходный ступенчатый
 сигнал, 58

К

Канал, 57
кнопка SELECT CHANNEL
 (выбор канала), 12, 13
Команды
 Интерфейс
 программиста, 14
 Передняя панель основного
 прибора, 13
Команды программиста, 14
компенсация, 9
 при
 установке/передвижении
 импульсных модулей, 9
Компенсация временного
 запаздывания ступенчатого
 сигнала
 TDR, 38
Корректировка базового
 уровня, 20
Курсорные измерения, 26

Н

Настройка, 59

О

Обнаружение перегоревших
 входов, 46
Общие положения о
 безопасности, v

Описание прибора, 1
Опции
 Список, 3
Ослабление, 57
Основы работы, 11
Осциллограмма, 59

П

Перегоревшие входы
 обнаружение, 46
Плоскость отсчета, 38
Погрешность, 57
Полное сопротивление, 58
Полоса пропускания, 57
Практика обращения, 11
Предотвращение
 электрического
 перенапряжения, 47
Причины, 47
Принадлежности, 3
 Компакт-диск с
 дополнительным, 4
 Список, 3
 Стандарт, 4
Приступая к работе, 1
Проверка на наличие
 повреждений, 46

Р

Рабочая станция,
 управляемая статическим
 электричеством, 8
Разъем TEKPROBE, 13
Разъемы, 12
Регулировка, 14
Регулировка задержки
 распространения, TDR, 38
Режим синфазного сигнала, 57
 TDR, 33
«ро», 59
руководства
 серийные номера, 4

С

Сборка и затяжка соединений
 процедура, 44, 45
 советы, 43
Сигнальный разъем, 12
Синфазные измерения методом
 TDR, 18, 33, 36
Синхронизация, 59
Список дополнительных
 принадлежностей, 4
Справочная информация, 17
Стандартные
 принадлежности, 4

Т

Технические
 характеристики, 51

У

Установка, 5
Уход за разъемом и
 адаптером, 39

Ц

Цифровой сигнал, 58

Ч

Чистка
 внешняя поверхность, 15
Чистка разъемов
 предосторожности, 41
 процедуры, 43

Э

Электрическая схема, 3

Электрическое

 перенапряжение, 58
 Второй пример
 электрического
 перенапряжения, 50
 Предотвращение, 48
 Пример электрического
 перенапряжения, 49
 Проверка на наличие
 повреждений, 48
Электростатический разряд, 6
 защита от, 39
 процедуры, 39
элементы управления передней
 панели, 11

Т

TDR, 59
 включение режима
 дифференциальных
 измерений, 36
Генерирование
 ступенчатого
 сигнала, 18
Диапазон измерения, 29
дифференциальные
 и синфазные
 измерения, 37
Дифференциальный
 режим, 32
Единицы измерения, 30
Изменение единиц
 масштабной сетки, 24
Измерения, 17, 32
Измерения
 дифференциального
 сигнала, 33
Измерения синфазного
 сигнала, 33

Иллюстративные

 измерения, 21, 33
индикатор включения, 13
интерфейс базы данных, 46
Компенсация временного
 запаздывания
 ступенчатого
 сигнала, 38
неповрежденный
 импульсный модуль, 47
Определение скорости
 распространения, 30
Основные аспекты
 измерений, 26
Применение
 калибровки, 46
Причина возникновения
 отраженных
 сигналов, 27
Проведение
 горизонтальных
 измерений, 24
проведение измерений, 33,
 35, 37, 38
Проведение прецизионных
 измерений, 31
Расположение
 несоответствий, 30
Регулировка задержки
 распространения, 38
регулировка компенсации
 временного
 запаздывания
 канала, 39
Режим синфазного
 сигнала, 32, 36
Чтобы провести
 измерения, 21