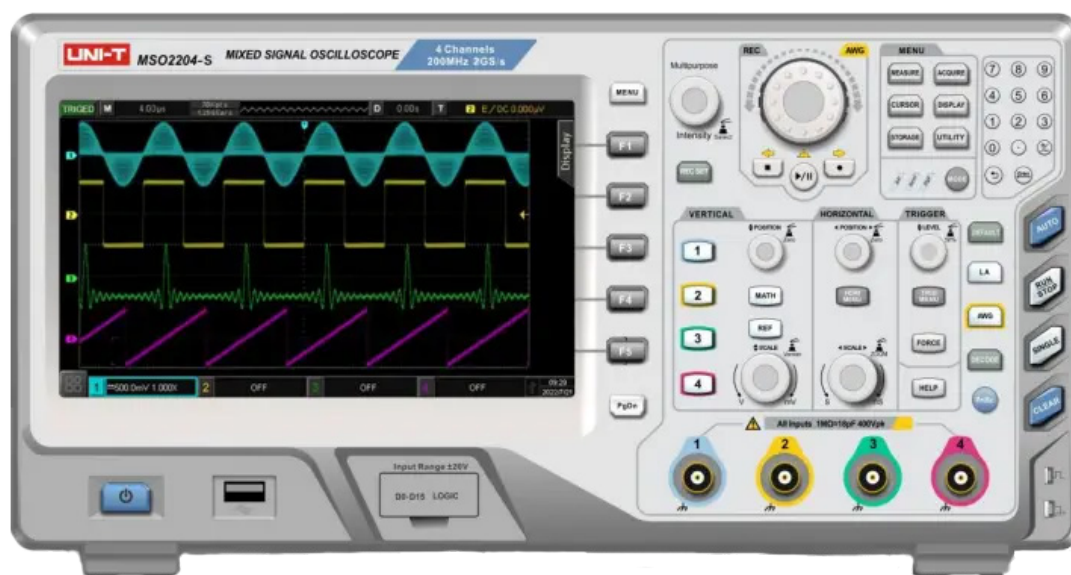


# Руководство пользователя Осциллограф цифровой фосфорный серии MSO/ URO2000



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дорогие пользователи,

Здравствуйте! Благодарим вас за выбор нового прибора UNI-T. Чтобы безопасно и правильно пользоваться устройством, внимательно прочитайте данное руководство, особенно раздел «Требования безопасности».

После прочтения рекомендуется хранить руководство в легкодоступном месте, желательно рядом с прибором, чтобы при необходимости обращаться к нему в будущем.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРСКИХ ПРАВАХ

Uni-Trend Technology (China) Co., Ltd. Все права защищены.

## ИНФОРМАЦИЯ О ТОВАРНЫХ ЗНАКАХ

UNI-T — зарегистрированный товарный знак Uni-Trend Technology (China) Co., Ltd.

## ВЕРСИЯ ДОКУМЕНТА

MSO/UPO200020251106-V1.05

## ЗАЯВЛЕНИЕ

- Продукция UNI-T защищена патентными правами в Китае и других странах, включая выданные и находящиеся на рассмотрении патенты.
- UNI-T оставляет за собой право изменять технические характеристики и цены на продукцию.
- UNI-T сохраняет все права. Лицензированные программные продукты являются собственностью Uni-Trend и её дочерних компаний или поставщиков и защищены национальными законами об авторском праве и международными соглашениями. Информация, содержащаяся в данном руководстве, заменяет все ранее опубликованные версии.

## ГАРАНТИЯ

UNI-T гарантирует, что изделие не будет иметь дефектов в течение одного года с даты покупки. Если изделие перепродаётся, срок гарантии отсчитывается с даты первоначальной покупки у официального дистрибьютора UNI-T. Пробники, аксессуары и предохранители не входят в гарантийное обслуживание.

Если изделие признано дефектным в течение гарантийного срока, UNI-T оставляет за собой право: отремонтировать неисправное изделие без взимания платы за детали и работу, или заменить неисправное изделие на эквивалентное по характеристикам. Запасные части и заменённые изделия могут быть новыми или восстановленными, но соответствовать характеристикам новых изделий. Все заменённые детали, модули и изделия становятся собственностью UNI-T.

Термин «покупатель» означает физическое или юридическое лицо, указанное в гарантийных документах. Чтобы получить гарантийное обслуживание, покупатель должен уведомить UNI-T о неисправности в течение гарантийного срока и согласовать процедуру ремонта. Покупатель несёт ответственность за упаковку и отправку неисправного изделия в авторизованный сервисный центр UNI-T, оплату стоимости пересылки и предоставление копии чека оригинального покупателя. Если изделие отправляется внутри страны в сервисный центр UNI-T, компания оплачивает обратную доставку. Если изделие отправляется за границу, покупатель оплачивает все расходы на пересылку, пошлины, налоги и другие издержки.

Гарантия не распространяется на дефекты или повреждения, вызванные: случайными причинами, естественным износом, неправильной эксплуатацией, отсутствием обслуживания.

UNI-T не несёт обязательств по следующим случаям:

- a) Повреждения, возникшие при установке, ремонте или обслуживании прибора неуполномоченным сервисным персоналом
- b) Повреждения, вызванные неправильным использованием или подключением к несовместимым устройствам.
- c) Повреждения или неисправности, вызванные использованием источников питания, не соответствующих требованиям данного руководства.
- d) Обслуживание модифицированных или объединённых (интегрированных) устройств, если такие изменения увеличивают время или сложность ремонта.

Настоящая гарантия выдана UNI-T на данное изделие и заменяет любые другие явные или подразумеваемые гарантии. UNI-T и её дистрибьюторы не предоставляют никаких подразумеваемых гарантий, связанных с пригодностью для продажи или конкретного применения.


В случае нарушения гарантийных условий, независимо от того, было ли UNI-T или её дистрибьюторам известно о возможных косвенных, особых, случайных или последующих убытках, UNI-T и её дистрибьюторы не несут ответственности за любой ущерб.

## 1. Введение

Данное руководство включает требования безопасности, порядок установки и принципы работы осциллографов серии MSO/UPO2000.

## 2. Требования безопасности

В этом разделе приведена информация и предупреждения, которые необходимо соблюдать, чтобы прибор работал в безопасных условиях. Кроме того, пользователю следует придерживаться общепринятых мер безопасности.

<b>Меры предосторожности</b>		
<b>Предупреждение</b>	<b>Пожалуйста, соблюдайте следующие рекомендации, чтобы избежать поражения электрическим током и угрозы личной безопасности.</b>	
	Пользователь обязан соблюдать следующие стандартные меры безопасности при эксплуатации, обслуживании и техническом обслуживании прибора. UNI-T не несет ответственности за травмы или материальный ущерб, возникшие из-за несоблюдения данных требований. Данное устройство предназначено для профессиональных пользователей и организаций, выполняющих измерения. Не используйте прибор иным образом, чем указано производителем. Использование прибора допускается только в помещениях, если иное не указано в руководстве по эксплуатации.	
<b>Заявления о безопасности</b>		
<b>Предупреждение</b>	Указывает на наличие опасности. Напоминает пользователям о необходимости проявлять внимание при выполнении операций или процедур. Несоблюдение инструкций, помеченных как Warning, может привести к травмам или смерти. Не переходите к следующему шагу, пока полностью не поймете и не выполните условия, указанные в разделе Warning.	
<b>Осторожно</b>	Указывает на наличие потенциальной опасности. Напоминает пользователям быть внимательными при выполнении операций. Несоблюдение правил, обозначенных как Caution, может привести к повреждению прибора или потере данных. Не переходите к следующему шагу, пока полностью не поняли и не выполнили условия, указанные в разделе Caution.	
<b>Примечание</b>	Обозначает важную информацию. Напоминает пользователям обращать внимание на процедуры, методы и условия. Содержание Note должно быть выделено при необходимости.	
<b>Значки безопасности</b>		
	Опасность	Указывает на возможное поражение электрическим током, которое может привести к травме или смерти.
	Предупреждение	Указывает на необходимость быть осторожным, чтобы избежать травм или повреждения оборудования.

	Осторожно	Указывает на потенциальную опасность, которая может привести к повреждению устройства или другого оборудования, если не соблюдать определённые процедуры или условия.
	Примечание	Указывает на возможные проблемы, которые могут привести к сбою работы прибора, если не соблюдать определённые процедуры или условия. Если присутствует значок Note, необходимо выполнить все указанные условия перед началом работы прибора.
	AC	Переменный ток устройства. Проверьте диапазон напряжения для вашего региона.
	DC	Постоянный ток устройства. Проверьте диапазон напряжения для вашего региона.
	Заземление	Клемма заземления корпуса или шасси.
	Заземление	Клемма защитного заземления.
	Заземление	Клемма заземления измерений.
	Выключение	Основное питание выключено.
	Включение	Основное питание включено.
	Источник питания	Режим ожидания питания: при выключении питания устройство не полностью отключается от сети переменного тока.
<b>CAT I</b>		Вторичная электрическая цепь, подключённая к настенным розеткам через трансформаторы или аналогичное оборудование, например, электронные измерительные приборы; электронное оборудование с защитными мерами, а также цепи высокого и низкого напряжения, например, копиры в офисе.
<b>CAT II</b>		Первичная электрическая цепь оборудования, подключенного к розетке через сетевой кабель — например, мобильные инструменты, бытовая техника и т.п. Сюда относятся розетки, расположенные на расстоянии более 10 метров от цепей CAT III или более 20 метров от цепей CAT IV.

<b>CAT III</b>		Основная цепь крупного оборудования, напрямую подключённого к распределительному щиту или цепи между щитом и розеткой (в том числе трёхфазная сеть). Включает стационарное оборудование: многополюсные двигатели, распределительные коробки, осветительные установки в зданиях, промышленные станки и распределительные панели на производственных площадках.
<b>CAT IV</b>		Трёхфазные внешние источники питания и линии электропередачи. Включает оборудование для первичных соединений, например: системы распределения энергии, устройства защиты от перегрузки, оборудование электростанций и линии наружной передачи.
	Сертификация	CE — зарегистрированный товарный знак Европейского Союза.
	Сертификация	UKCA — зарегистрированный товарный знак Соединённого Королевства.
	Сертификация	Соответствует стандартам UL STD 61010-1, 61010-2-030, сертифицировано по CSA STD C22.2 No. 61010-1, 61010-2-030.
	Отходы	Не выбрасывайте прибор и аксессуары вместе с бытовыми отходами. Утилизируйте их в соответствии с местными экологическими нормами.
	Срок экологически безопасного использования	Этот знак указывает, что в течение заявленного срока эксплуатации (40 лет) вредные или токсичные вещества не будут выделяться и не нанесут вреда. По истечении срока прибор подлежит сдаче в систему переработки.

<b>Требования безопасности</b>	
<b>Опасность</b>	
Подготовка к использованию	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Подключайте прибор только к сети переменного тока (АС) с помощью комплектного кабеля питания.</li> <li>• Напряжение сети должно соответствовать номинальному значению, указанному в руководстве.</li> <li>• Переключатель выбора напряжения на устройстве должен соответствовать напряжению сети.</li> <li>• Убедитесь, что номинал предохранителя соответствует требованиям.</li> <li>• Не используйте прибор для измерений в цепях питания (MAINS CIRCUIT).</li> </ul>
Проверка номинальных значений всех клемм	Перед подключением проверьте все указанные на приборе номинальные значения и маркировку, чтобы избежать возгорания или перегрузки по току. См. руководство для уточнения допустимых значений.
Использование сетевого шнура	Используйте только оригинальный сетевой кабель, одобренный производителем и соответствующий местным стандартам. Проверьте целостность изоляции кабеля. Если она повреждена или провод оголён — замените кабель до начала работы.
Заземление прибора	Чтобы избежать поражения электрическим током, провод заземления прибора должен быть надёжно подключён. Прибор заземляется через провод заземления блока питания. Обязательно убедитесь, что заземление подключено перед включением питания.
Сеть питания АС	Используйте только сетевой кабель и напряжение, указанные в руководстве. Кабель питания должен быть утверждён для использования в вашей стране и иметь неповреждённую изоляцию.
Предотвращение статического электричества	Прибор может быть повреждён статическим разрядом, поэтому рекомендуется использовать антистатическую зону. Перед подключением кабеля питания кратковременно заземлите внутренние и внешние проводники, чтобы снять статический заряд. Уровень защиты прибора — 4 кВ при контактном разряде и 8 кВ при разряде через воздух.

Измерительные аксессуары	Аксессуары прибора имеют пониженную категорию защиты и не предназначены для измерений в цепях питания категорий CAT II, CAT III или CAT IV. Пробники и токовые датчики должны соответствовать стандартам IEC 61010-031 и IEC 61010-2-032.
Использование входных и выходных портов устройства	Пользуйтесь входными и выходными портами данного прибора только по назначению. Не подавайте сигналы на выходные порты и не подавайте сигналы, превышающие номинальные значения входных портов. Щупы и другие соединительные аксессуары должны быть надежно заземлены, чтобы предотвратить повреждение прибора или сбой в работе. См. руководство для уточнения номинальных параметров входных и выходных портов.
Предохранитель питания	Используйте только предохранитель питания указанной спецификации. В случае необходимости замены используйте аналогичный предохранитель класса T, номинал тока 5 А, напряжение 250 V. Замена должна выполняться только авторизованным сервисным персоналом UNI-T
Разборка и очистка	Внутри прибора нет деталей, доступных пользователю. Не снимайте защитную крышку. Техническое обслуживание и ремонт должны выполняться только квалифицированными специалистами.
Условия эксплуатации	Используйте прибор только в помещениях, в чистой и сухой среде при температуре от 0 °C до +40 °C. Не используйте устройство во взрывоопасной, пыльной или влажной атмосфере.
Не использовать во влажной среде	Не эксплуатируйте прибор во влажных условиях, чтобы избежать короткого замыкания или поражения электрическим током.
Не использовать во взрывоопасной или легковоспламеняющейся среде	Не используйте прибор в среде с легковоспламеняющимися или взрывоопасными веществами — это может привести к повреждению прибора или травме.
<b>Осторожно</b>	
Неисправности	Если устройство работает неправильно, обратитесь в авторизованный сервис UNI-T для проверки. Любой ремонт, регулировка или замена деталей должны выполняться только квалифицированными специалистами UNI-T.

Охлаждение	<p>Не блокируйте вентиляционные отверстия на боковых и задней панелях прибора.</p> <p>Не допускайте попадания посторонних предметов внутрь устройства через вентиляционные решётки.</p> <p>Обеспечьте хорошую вентиляцию — оставьте зазор не менее 15 см с каждой стороны, спереди и сзади.</p>
Безопасная транспортировка	<p>Перевозите прибор аккуратно, чтобы избежать ударов и соскальзывания, которые могут повредить кнопки, ручки и интерфейсы на панели.</p>
Правильная вентиляция	<p>Плохая вентиляция вызывает перегрев прибора, что может привести к его повреждению. Во время работы обеспечивайте достаточную циркуляцию воздуха и регулярно проверяйте вентиляционные отверстия и вентиляторы.</p>
Содержите прибор в чистоте и сухости	<p>Предотвращайте попадание пыли и влаги, чтобы сохранить нормальную работу устройства. Держите поверхность прибора чистой и сухой.</p>
<b>Примечание</b>	
Калибровка	<p>Рекомендуемый интервал калибровки — один раз в год. Калибровку должен выполнять только квалифицированный персонал.</p>

## 2.1 Требования к окружающей среде

Данный прибор предназначен для эксплуатации в следующих условиях:

- Использование в помещениях.
- Степень загрязнения: 2.
- Высота над уровнем моря: при работе — не выше 3000 м, в нерабочем состоянии — не выше 15000 м.
- Температура эксплуатации: от 0 °C до +40 °C.
- Температура хранения: от -20 °C до +70 °C (если не указано иное).
- Влажность: при эксплуатации — температура до +35 °C, относительная влажность ≤ 90%. В нерабочем состоянии — температура от +35 °C до +40 °C, относительная влажность ≤ 60%.

На задней и боковой панелях прибора имеются вентиляционные отверстия. Необходимо обеспечивать циркуляцию воздуха через них. Чтобы предотвратить засорение пылью, регулярно очищайте корпус прибора. Корпус не является водонепроницаемым, поэтому перед очисткой отключите питание, затем протрите корпус сухой или слегка влажной мягкой тканью.

## 2.2 Подключение питания

Характеристики сети переменного тока:

Диапазон напряжения	Частота
от 100 до 240 В AC (флуктуации $\pm 10\%$ )	50/60 Гц

Используйте прилагаемый кабель питания для подключения к разъёму питания.

Подключение к сети

Прибор относится к классу безопасности I. Поставляемый сетевой кабель обеспечивает надёжное заземление корпуса и соответствует международным стандартам.

Используемый трёхконтактный кабель обеспечивает корректное заземление в соответствии со стандартами вашей страны или региона.

Рекомендации по установке кабеля питания:

- Убедитесь, что кабель питания находится в исправном состоянии.
- Оставьте достаточное пространство для подключения кабеля.
- Подключите комплектный трёхконтактный кабель питания к надёжно заземлённой розетке.

## 2.3 Защита от электростатических разрядов

Осциллографы цифрового фосфорного типа серии MSO/UPO2000 включают четыре модели:

Модель	Аналоговые каналы	Аналоговая полоса пропускания	LA (Логический анализатор)	AWG (Генератор сигналов)
UPO2102	2	100 МГц	○	×
UPO2104	4	100 МГц	○	×
UPO2202	2	200 МГц	○	×
UPO2204	4	200 МГц	○	×
MSO2102	2	100 МГц	●	×
MSO2104	4	100 МГц	●	×
MSO2202	2	200 МГц	●	×
MSO2204	4	200 МГц	●	×
MSO2102-S	2	100 МГц	●	●
MSO2104-S	4	100 МГц	●	●
MSO2202-S	2	200 МГц	●	●
MSO2204-S	4	200 МГц	●	●

○ — опция    ● — стандарт    × — не поддерживается

Осциллографы серии MSO/UPO2000 основаны на фирменной технологии Ultra Phosphor 2.0. Это многофункциональные высокопроизводительные приборы с удобным интерфейсом, точными техническими характеристиками и широкими возможностями, которые позволяют пользователям быстро выполнять измерения. Серия MSO/UPO2000 разработана для удовлетворения потребностей широкого круга пользователей — от научных и учебных лабораторий до промышленного применения, включая: связь, микроэлектронику, вычислительную технику, контрольно-измерительные приборы,

аэрокосмическую и оборонную отрасли, промышленную электронику, автомобильную электронику, обслуживание и ремонт оборудования, НИОКР и образование.

### Основные характеристики

- Аналоговая полоса пропускания: **100 МГц / 200 МГц**
- Аналоговый канал с частотой дискретизации **2 GS/s**, цифровой канал — **1 GS/s** (только для моделей MSO)
- Возможность выбора **2 или 4 аналоговых каналов**, стандартная глубина памяти **56 Mpts** на канал
- **16 цифровых каналов**, глубина памяти цифрового канала — **56 Mpts (только для MSO)**
- Скорость захвата сигналов — **до 1 000 000 форм/с.**
- Встроенный генератор сигналов с двумя каналами и частотой **50 МГц (только для моделей MSO-S)\*** — поддерживает загрузку данных в режиме реального времени с экрана осциллографа в выход AWG.
- **Функция построения диаграмм Боде** для анализа частотной характеристики.
- **До 120 000 кадров** непрерывной записи сигналов в режиме реального времени с возможностью анализа и экспорта данных через USB-накопитель.
- **Математические операции с сигналами:** сложение, вычитание, умножение, деление, цифровая фильтрация, логические операции и продвинутое вычисление.
- **Расширенный FFT-анализ (4M точек)**, поддержка настройки частоты, водопадных диаграмм, параметров обнаружения и маркировки частот.
- **Автоматическое измерение 36 параметров сигналов.**
- **Multi-Scores 2.0** — поддержка независимого триггера и отображения для нескольких каналов.
- **Многоканальный частотомер** с аппаратным разрешением **7 знаков.**
- **Цифровой вольтметр (DVM)** поддерживает независимые измерения **AC/DC TRMS** (истинного среднеквадратичного значения).
- **Расширенные функции триггера:** фронт, ширина импульса, видео, пила, короткий импульс, превышение уровня, задержка, длительность, удержание, триггер по N-му фронту и по шаблону.
- **Региональный триггер** — для захвата редких или сложных сигналов.
- **Оptionальные функции триггера и декодирования протоколов:** RS232, I<sup>2</sup>C, SPI, CAN, CAN-FD, LIN, FlexRay.
- Отображение Ultra Phosphor с **256-уровневой градацией серого.**
- **Сенсорный экран 8"** (разрешение 800×480) с поддержкой жестов — щелчок, масштабирование, прокрутка, редактирование и перетаскивание.
- **Множество интерфейсов:** USB Host, USB Device, LAN, EXT Trig, AUX Out (Trig Out, Pass/Fail), AWG-выход и VGA.
- **Поддержка стандарта SCPI** (программируемые команды).
- **Поддержка WEB-доступа и управления через сеть.**

## 4. Руководство по началу работы

В этой главе описывается, как использовать осциллограф MSO/UPO2000 при первом запуске. Рассматриваются передняя и задняя панели, интерфейс пользователя и встроенная система помощи.

- Общий осмотр
- Подготовка к использованию
- Передняя панель
- Задняя панель
- Панель управления
- Интерфейс пользователя
- Сенсорный экран
- Обозначения специальных символов

### 4.1 Общий осмотр

Перед первым использованием прибора рекомендуется выполнить следующие шаги проверки:

#### 1) Проверка на повреждения при транспортировке

Если упаковочная коробка или пенопластовые вставки имеют серьёзные повреждения, немедленно свяжитесь с дистрибьютором UNI-T, у которого приобретён прибор.

#### 2) Проверка комплектации

Сверьтесь с приложением, где приведён список аксессуаров. Если какие-либо элементы отсутствуют или повреждены, свяжитесь с UNI-T или местным дистрибьютором.

#### 3) Проверка состояния прибора

Если прибор выглядит повреждённым, работает неправильно или не прошёл тест работоспособности, обратитесь в UNI-T или к официальному дистрибьютору.

Если повреждение возникло при транспортировке, сохраните упаковку и уведомите как транспортную компанию, так и дистрибьютора UNI-T. Компания организует ремонт или замену прибора.

### 4.2 Подготовка к использованию

Чтобы быстро убедиться в исправности прибора, выполните следующие шаги:

#### 1) Подключение питания

Диапазон напряжения питания прибора: от 100 В до 240 В переменного тока, частота — 50/60 Гц. Подключите осциллограф к сети питания с помощью комплектного кабеля или кабеля, соответствующего стандартам вашей страны. Включите прибор с помощью кнопки питания, расположенной на задней панели. Индикатор мягкой кнопки питания (на передней панели) должен загореться красным цветом.

#### 2) Проверка запуска

Нажмите мягкую кнопку питания, и индикатор должен сменить цвет на зелёный. На экране появится анимация загрузки, после чего прибор перейдёт в обычный режим работы.

#### 3) Подключение щупа

Возьмите комплектный щуп и подключите его BNC-разъём к каналу 1 осциллографа. Крокодил-зажим основного щупа подключите к выходу сигнала компенсации (Compensating signal port), а зажим заземления — к контакту заземления (Ground terminal), как показано на рисунке ниже. Выход сигнала компенсации: амплитуда  $3 V_{pp}$ , частота 1 кГц (по умолчанию).

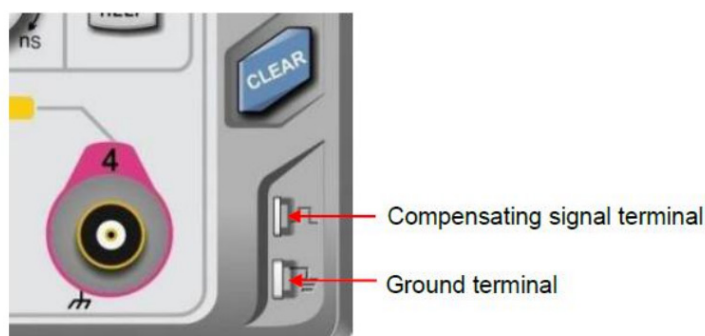


Рис. 4-1. Контакты «Compensating signal» и «Ground terminal»

#### 4) Проверка функций

Нажмите клавишу AUTO, — на экране должна появиться прямоугольная волна с параметрами  $3 V_{pp}$ , 1 кГц. Повторите шаг 3 для всех каналов. Если форма сигнала не соответствует указанной, выполните компенсацию щупа (описано в следующем разделе).

#### 5) Компенсация щупа

При первом подключении щупа к каналу может потребоваться настройка для согласования щупа и входного канала. Некомпенсированные щупы могут привести к ошибкам измерений. Следуйте шагам, приведённым далее, чтобы правильно выполнить компенсацию.

- Установите коэффициент ослабления в меню щупа и переключатель на самом щупе в положение  $10\times$ , затем подключите щуп к каналу CH1. Убедитесь, что разъём щупа надёжно соединён с осциллографом. Подключите основной зажим щупа к выходу сигнала компенсации, а зажим заземления — к контакту заземления осциллографа. Откройте канал CH1 и нажмите кнопку AUTO.
- Просмотрите форму сигнала, отображаемую на экране, как показано на рисунке 4-2.



Рис. 4-2. Калибровка компенсации щупа

- Если сигнал на экране выглядит как «Недостаточная компенсация» или «Избыточная компенсация», используйте неметаллическую отвертку, чтобы отрегулировать переменную ёмкость щупа, пока форма сигнала не станет соответствовать виду «Правильная компенсация».

**Предупреждение:** Чтобы избежать поражения электрическим током при измерении высоких напряжений, убедитесь, что изоляция щупа находится в хорошем состоянии. Избегайте физического контакта с металлическими частями щупа.

## 4.3 Передняя панель

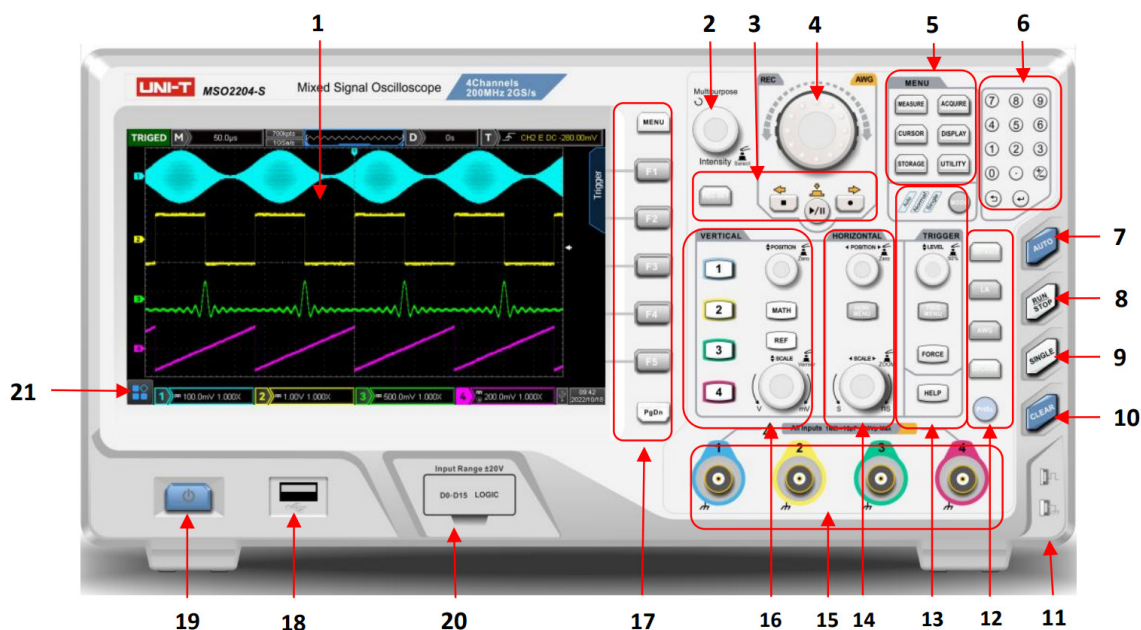


Рис. 4-3. Передняя панель

- 1) Область отображения экрана
- 2) Многофункциональный энкодер (ручка управления)
- 3) Кнопка записи формы сигнала
- 4) Ручка пошагового управления (Jog Dial)
- 5) Меню функций
- 6) Цифровая клавиатура
- 7) Кнопка автоматического управления (AUTO)
- 8) Кнопка запуска/остановки (RUN/STOP)
- 9) Кнопка одиночного срабатывания триггера (SINGLE TRIGGER)
- 10) Кнопка сброса всех настроек (CLEAR ALL)
- 11) Разъёмы сигнала компенсации и заземления
- 12) Заводские настройки, разъём LA (16 цифровых каналов), AWG (генератор произвольных сигналов), декодирование протоколов, кнопка Print Screen
- 13) Управление триггером (TRIGGER)
- 14) Управление по горизонтали (HORIZONTAL)
- 15) Вход аналоговых каналов
- 16) Управление по вертикали (VERTICAL)
- 17) Мягкие кнопки управления меню
- 18) Интерфейс USB HOST
- 19) Кнопка питания (мягкое включение)
- 20) Вход цифровых каналов
- 21) Кнопка меню «HOME»

## 4.4 Задняя панель

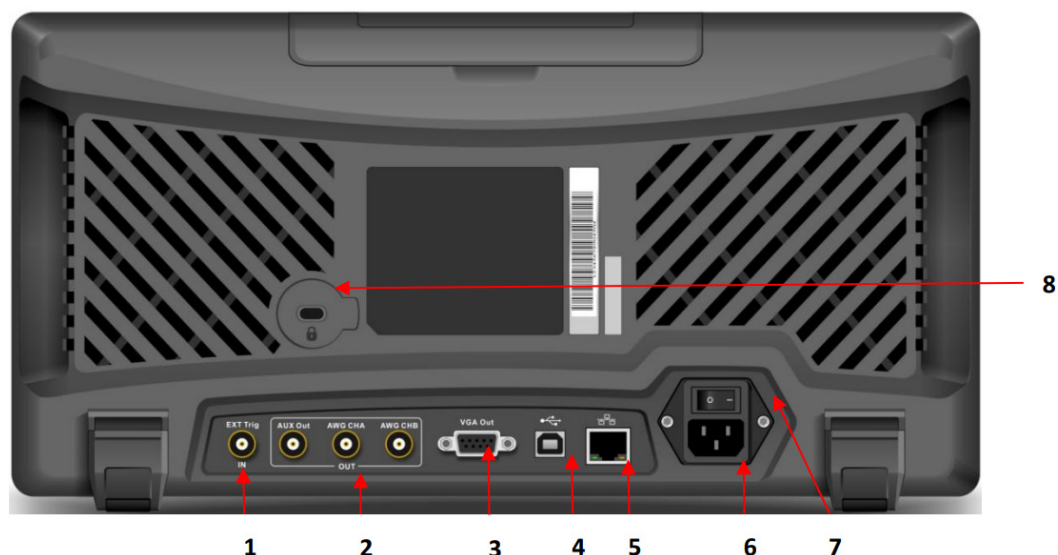
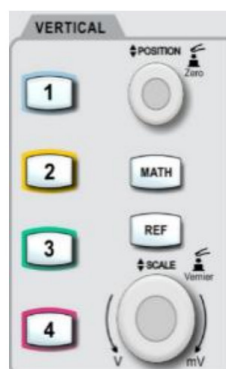


Рис. 4-4. Задняя панель

- 1) EXT Trig — вход для внешнего триггера / внешнего сигнала срабатывания.
- 2) OUT — выход AUX и AWG (генератор произвольных сигналов). Используется для передачи функций или сигналов AWG.
- 3) VIDEO OUT — видеовыход VGA; позволяет выводить изображение экрана осциллографа на внешний VGA-дисплей.
- 4) USB Device — интерфейс USB-устройства. Используется для подключения осциллографа к компьютеру.
- 5) LAN — сетевой порт для подключения осциллографа к локальной сети и удалённого управления.
- 6) AC Power Input Socket — вход сетевого питания. Используйте комплектный кабель питания для подключения к сети 100–240 В, 50/60 Гц.
- 7) Power Switch — выключатель питания. После подключения сетевого кабеля включите питание. Прибор можно включить кнопкой «Power soft key» на передней панели.
- 8) Safety Lock — разъём для замка безопасности (продаётся отдельно); используется для фиксации осциллографа на рабочем месте.


## 4.5 Панель управления

### 1. Управление по вертикали



1) Кнопки выбора каналов (1, 2, 3, 4): каждая кнопка соответствует своему аналоговому каналу: CH1, CH2, CH3, CH4. Каналы имеют разные цвета, совпадающие с цветом сигнала на экране и цветом разъёма канала. Нажатие кнопки открывает меню выбранного канала (включение/отключение канала).

2) MATH: открывает меню математических операций — сложение, вычитание, умножение, деление, БПФ (FFT), цифровая фильтрация и другие функции обработки сигналов.

- 3) REF: позволяет вызвать сохранённую эталонную форму сигнала из внутренней памяти или с USB-накопителя. Можно сравнить текущий сигнал с эталонным.
- 4) POSITION: ручка вертикального положения. Используется для смещения сигнала по вертикали. Текущее смещение отображается рядом с базовой линией (пример: 240.00 mV). Нажатие ручки возвращает отображение канала в вертикальный центр экрана.
- 5) SCALE: ручка вертикального масштаба. Используется для изменения коэффициента усиления (масштаба) по вертикали. Поворот по часовой стрелке уменьшает масштаб, против часовой — увеличивает. Шаг изменения: 1-2-5. Одновременно отображается информация о масштабе (пример: ). Нажатие ручки включает режим точной настройки масштаба.


## 2. Управление по горизонтали



- 1) HORI MENU: открывает горизонтальное меню, где можно управлять расширением окна, режимами Multi-Scopes, базой времени (XY/YT) и параметрами задержки триггера.
- 2) POSITION: ручка горизонтального положения. Используется для смещения точки триггера влево или вправо. При этом форма сигнала всех каналов перемещается по экрану.
- 3) Horizontal SCALE (Горизонтальный масштаб): триггерная точка перемещается влево или вправо от центра экрана при регулировке ручки горизонтального масштаба. Значение смещения по времени (например, M 10 ms) отображается в верхней части экрана в реальном времени. Нажмите ручку, чтобы вернуть сигнал в центральное положение. Масштаб по времени изменяется в порядке 1–2–5. Нажатие ручки позволяет переключаться между основным и дополнительными окнами отображения.

## 3. Управление триггером



- 1) MODE: нажмите эту кнопку, чтобы переключить режим триггера: Auto (авто), Normal (нормальный) или Single (одиночный). Подсветка кнопки изменится в зависимости от выбранного режима.
- 2) LEVEL: ручка регулировки уровня триггера. Поверните по часовой стрелке, чтобы увеличить уровень, или против часовой стрелки, чтобы уменьшить. Во время регулировки значение уровня триггера  отображается в правом верхнем углу экрана в реальном времени. Нажатие ручки быстро сбрасывает уровень триггера до 50% от входного сигнала.
- 3) TRIG MENU: кнопка вызова меню настроек триггера. Более подробная информация — в разделе Trigger Setting System.
- 4) FORCE: принудительное срабатывание триггера. В режимах Normal и Single нажмите эту кнопку, чтобы вручную инициировать триггер.
- 5) HELP: вызывает встроенную справочную систему осциллографа.

#### 4. Автоматическая настройка



Нажмите кнопку AUTO, чтобы осциллограф автоматически настроил: вертикальный масштаб, базу времени, и режим триггера в соответствии с входным сигналом, для оптимального отображения формы волны.

**Примечание:** Функция автоматической настройки работает корректно, если: частота сигнала не ниже 20 Гц, амплитуда сигнала от 20 мВpp до 120 Вpp. Если параметры не соответствуют этим условиям, автонастройка может быть недоступна.

#### 5. Кнопка «Run/Stop»



Позволяет переключать состояние прибора между «RUN» (работает) и «STOP» (остановлен).

В режиме RUN кнопка подсвечивается зелёным.

В режиме STOP — красным.

#### 6. Кнопка «Single Trigger»



Устанавливает режим триггера «Single» (одиночный захват).

При активном режиме кнопка подсвечивается оранжевым цветом.

#### 7. Очистка всех данных



Нажмите эту кнопку, чтобы удалить все вызванные на экран формы сигналов. Если осциллограф находится в состоянии RUN (работа), очистка произойдёт, а затем отобразится новое измерение.

#### 8. Снимок экрана



Нажмите эту кнопку, чтобы сохранить текущую форму сигнала в виде изображения PNG и быстро скопировать файл на подключённое USB-устройство.

#### 9. Многофункциональный энкодер



В режиме работы меню нажмите соответствующую «мягкую кнопку» на экране, затем поверните энкодер для выбора подпункта внутри меню. Чтобы подтвердить выбор, нажмите сам энкодер (он также выполняет функцию выбора).

#### 10. Ручка точной регулировки



Используется для быстрой настройки числовых параметров, особенно при большом диапазоне значений. Поворот по часовой стрелке — увеличение значения, против часовой стрелки — уменьшение. Внутреннее кольцо обеспечивает точную регулировку, внешнее кольцо — грубую регулировку. Эта ручка также применяется для: быстрого поиска нужного кадра сигнала, задания параметров, таких как время удержания триггера, ширина импульса, время нарастания/спада.

## 11. Функциональные клавиши



1) MEASURE: открывает меню настроек измерений. Можно выбрать источник сигнала, параметры измерения, пользовательские параметры, статистику измерений и индикаторы. При включённой пользовательской настройке доступно 36 типов параметров. Для быстрого выбора используйте многофункциональный энкодер, результаты измерений отображаются в нижней части экрана.

2) ACQUIRE: открывает меню настроек выборки. Позволяет задать режим выборки, глубину памяти и параметры быстрой выборки.

3) CURSOR: открывает меню курсорных измерений. Позволяет измерять время или напряжение вручную, используя курсоры.

4) DISPLAY: открывает меню настроек отображения. Здесь можно изменить тип сетки, яркость сетки и сигнала, яркость фона, длительность послесвечения, цветовую температуру, режим защиты от инверсии цветов, прозрачность всплывающих окон и параметры по умолчанию.

5) STORAGE: хранение данных. Нажмите эту кнопку, чтобы открыть меню сохранения. Можно выбрать тип сохраняемых данных: настройки, формы сигналов, произвольные сигналы и изображения. Файлы можно сохранять во внутреннюю память осциллографа или на внешний USB-накопитель.

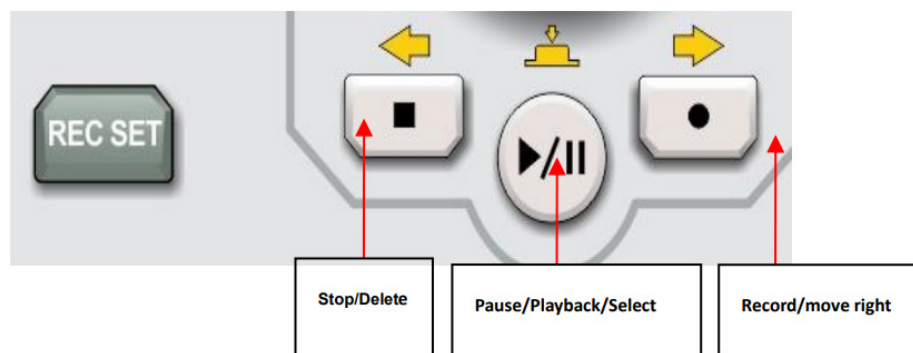
6) UTILITY: вспомогательные функции. Нажмите эту кнопку, чтобы открыть меню вспомогательных функций. В нём можно выполнить: автоматическую калибровку; настройку системных параметров и языка интерфейса; параметры отображения и интерфейсов; запись сигналов; тесты Pass/Fail; генерацию прямоугольных сигналов; измерение частоты; выбор выходов; автонастройку; очистку данных; настройку SCPI-команд; параметры IP-сети и времени; обновление экрана; построение диаграмм Боде; загрузку и включение при подаче питания.

## 12. Цифровая клавиатура



Используется для ввода числовых параметров, особенно если диапазон значений велик. Позволяет напрямую вводить числа с единицами измерения времени или напряжения. Если у параметра нет единицы, нажмите Enter, чтобы подтвердить ввод.

### 13. Запись формы сигнала



- 1) REC SET — открывает меню настроек записи формы сигнала. Позволяет задать интервал записи, конечный кадр, задержку воспроизведения, максимальное количество кадров и режим отображения.
- 2) Stop/Delete — останавливает или удаляет запись / воспроизведение сигнала.
- 3) Playback/Pause — в режиме остановки воспроизводит записанный сигнал; при повторном нажатии приостанавливает.
- 4) Record — запускает запись формы сигнала.

### 14. Главное меню

Нажмите значок HOME, чтобы открыть быстрое меню функций (см. рис. 4-5). В нём доступны: курсоры, математические операции, спектральный анализ, запись форм сигналов, тест Pass/Fail, вызов эталонного сигнала, диаграммы Бодэ, рисование прямоугольников, частотомер, вольтметр, меню справки. Через это меню пользователь может быстро находить и открывать нужные функциональные модули

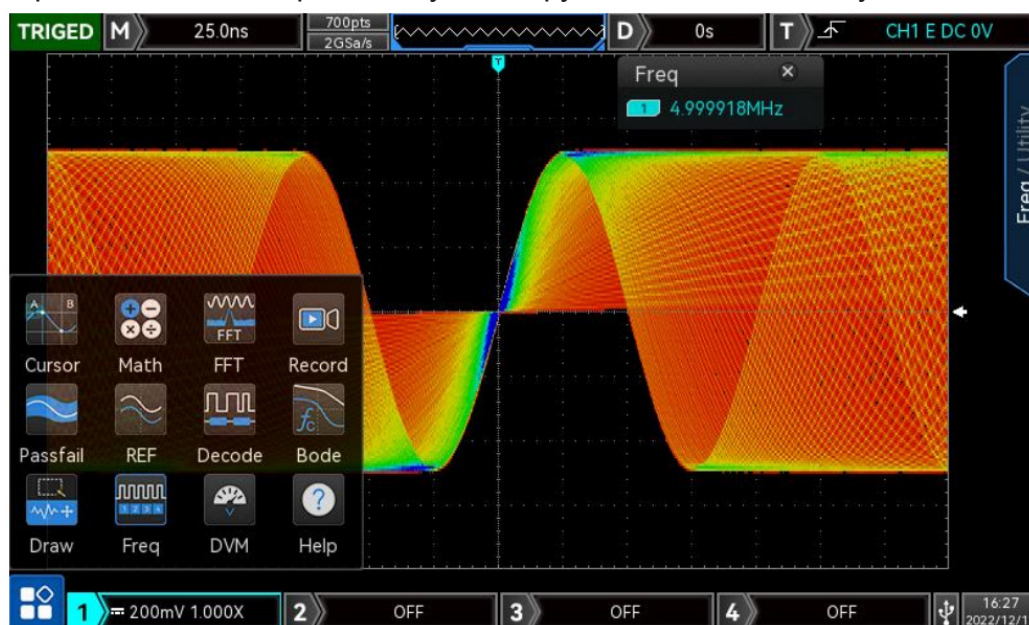


Рис. 4-5. Главное меню

#### 4.6 Интерфейс пользователя

На рисунке ниже показан внешний вид рабочего интерфейса прибора с обозначением элементов.

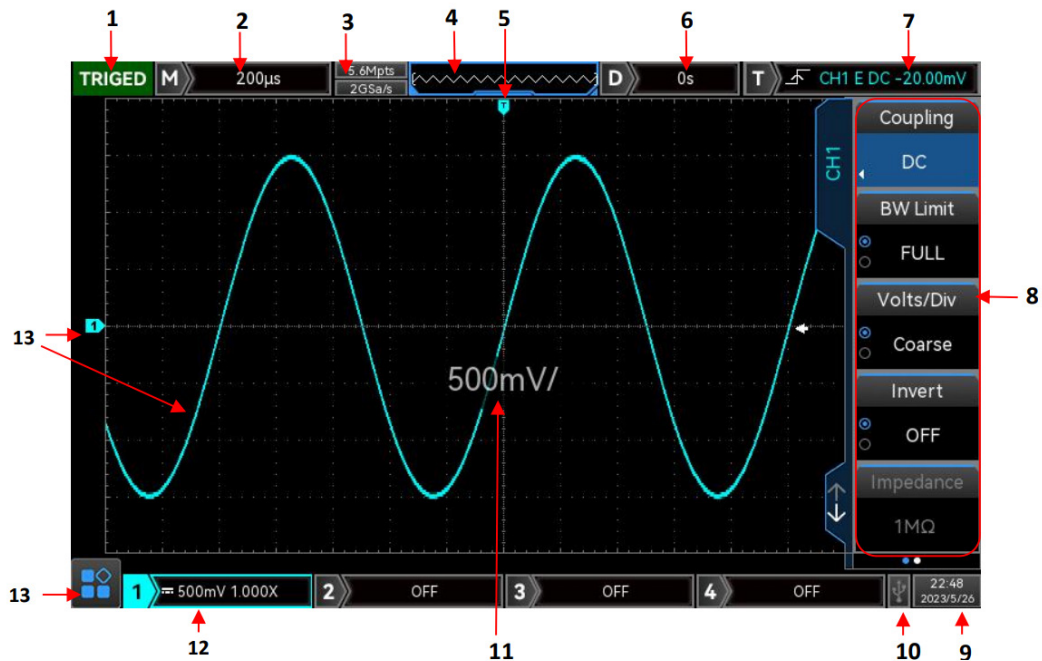


Рис. 4-6. Интерфейс пользователя

- 1) Индикатор состояния триггера (TRIGED);
- 2) Масштаб времени (Time Base);
- 3) Частота выборки (Sampling Rate);
- 4) Память данных (Memory Depth);
- 5) Режим отображения (Display Mode);
- 6) Смещение по времени (Time Offset);
- 7) Меню управления каналом (Channel Control Menu);
- 8) Параметры канала (Coupling, Bandwidth Limit, Scale и др.);
- 9) Уровень смещения (Offset);
- 10) Входное сопротивление (Impedance);
- 11) Значение по вертикальной шкале (например, 500 мВ/дел);
- 12) Состояние каналов (включён/выключен);
- 13) Метки каналов и курсоры.

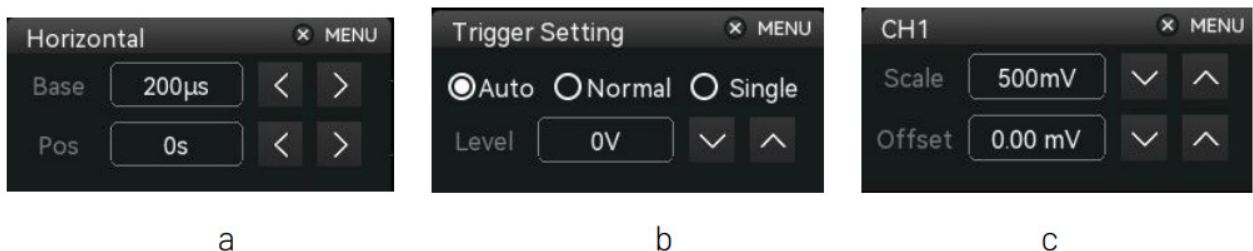


Рис. 4-7. Интерфейс пользователя

На изображении показаны примеры интерфейса из рисунка 4-6. Подробное описание приведено ниже.

- 1) Идентификатор состояния триггера: отображает текущее состояние триггера: TRIGED (сработал), AUTO, READY, STOP и ROLL.
- 2) Шкала времени (Time Base Scale): показывает интервал времени, представленный одной делением сетки. Изменяется с помощью ручки SCALE в области горизонтального управления. При изменении шкалы на экране появляется окно временной базы. Можно также изменить значение с помощью цифровой клавиатуры, стрелок ◀ ▶ и ручки SCALE.
- 3) Частота дискретизации / глубина памяти: отображает текущие значения частоты выборки и глубины памяти.
- 4) Индикатор формы сигнала: показывает визуальное представление сигнала.
- 5) Позиция триггера сигнала: отображает положение срабатывания триггера для текущей формы волны.
- 6) Горизонтальное смещение: показывает значение горизонтального смещения формы сигнала. Изменяется с помощью ручки POSITION в области горизонтального управления. Нажмите ручку POSITION, чтобы сбросить смещение к нулю. Можно также задать значение через цифровую клавиатуру или стрелки ◀ ▶.
- 7) Параметры триггера: отображает текущие настройки источника, типа, формы, связи и уровня триггера.
  - a) Источник триггера: CH1–CH4, основное питание, EXT, EXT/5 и D0–D15. Цвета на экране соответствуют каналам.
  - b) Тип триггера: Edge (фронт), Pulse Width (ширина импульса), Video, Ramp, Advanced Trigger. Например, символ E обозначает триггер по фронту.
  - c) Фронт триггера: Rising (нарастающий), Falling (спадающий), Random (случайный). Например, символ E обозначает нарастающий фронт.
  - d) Связь (Coupling): типы: DC, AC, HF Rejection, LF Rejection, Noise Rejection. Например, символ DC означает режим постоянного тока.
  - e) Уровень триггера: отображает текущее значение уровня триггера (правая часть экрана). Изменяется ручкой LEVEL в области управления триггером.
  - f) Окно параметров триггера: вызывается нажатием в области состояния триггера (см. рис. 4-7b). Здесь можно изменять уровень триггера и режим связи с помощью цифровой клавиатуры, стрелок и ручки LEVEL.
- 8) Меню операций: отображает текущее активное меню. Нажмите клавиши F1–F5, чтобы выбрать соответствующий подраздел меню.
- 9) Настройки даты и времени: задаются через меню Utility либо через окно настройки времени на экране.
- 10) Значок USB DEVICE: отображается, когда к осциллографу подключено устройство USB.
- 11) Всплывающее окно: показывает текущие значения шкалы по времени (Time Base) и шкалы по напряжению (Volts/Div) при их изменении. Окно отображается на экране в течение 3 секунд.
- 12) Иконка вертикального канала CH1: отображает состояние канала, тип связи, ограничение полосы пропускания, вертикальную шкалу и коэффициент ослабления щупа.

- a) Состояние канала: показывает, активен ли канал (1 — включён).
  - b) Ограничение полосы (Bandwidth Limit): значок A/B появляется в окне CH1 при включении этой функции.
  - c) Вертикальный масштаб: отображает вертикальную шкалу CH1 при активации канала. Параметр изменяется с помощью ручки SCALE в области вертикального управления. На экране появляется окно шкалы V/div, когда значение изменяется.
  - d) Коэффициент ослабления щупа: отображает коэффициент ослабления щупа CH1.
  - e) Возможные значения: 0.001X, 0.01X, 0.1X, 1X, 10X, 100X, 1000X и пользовательское значение.
  - f) Вольт/деление (Volts/Div): значок A/B появляется в окне CH1 при точной настройке шкалы V/div.
  - g) Вертикальное смещение: касание области вертикальной шкалы на экране вызывает интерфейс CH1 (см. рис. 4-7с). Значение смещения можно изменять с помощью цифровой клавиатуры, стрелок ◀ ▶, а также ручек SCALE и POSITION.
  - h) Активация канала: касанием цифрового индикатора канала можно включить или отключить соответствующий канал.
- 13) Главное меню (HOME Menu): главное меню находится в левом нижнем углу экрана и включает следующие функции: Cursor, Math, Spectrum Analysis, Recording Waveform, Pass/Fail Test, Reference Waveform, Decoding, Bode Diagram, Drawing Rectangle, Frequency Meter, Voltmeter, Help и др.
- a) Cursor (Курсоры): открывает меню курсорных измерений. Позволяет измерять параметры времени или напряжения вручную. Подробнее см. раздел Cursor Measurement.
  - b) Mathematical Operation (Математические операции): включает меню MATH, где можно выбрать тип вычислений и выполнить математические операции.
  - c) Spectrum Analysis (Спектральный анализ): открывает меню FFT для анализа частотных составляющих сигнала.
  - d) Recording Waveform (Запись сигнала): открывает меню записи форм сигналов и настройки параметров записи. Подробнее см. раздел Recording Waveform.
  - e) Pass/Fail Test (Тест «Прошёл/Не прошёл»): открывает меню тестирования по шаблону. Подробнее см. раздел Pass/Fail Test.
  - f) Reference Waveform (Эталонный сигнал): позволяет вызвать меню REF, где можно загрузить и сравнить сигналы.
  - g) Decoding (Декодирование): включает меню декодирования протоколов. Подробнее см. Protocol Decoding.
  - h) Bode Diagram (Диаграмма Боде): открывает меню для настройки и построения диаграммы Боде.
  - i) Drawing Rectangle (Рисование прямоугольника): позволяет перейти в меню для выделения и настройки области на экране.
  - j) Frequency Meter (Частотомер): открывает меню частотомера. При включении индикатор подсвечивается. По умолчанию частотомер активен для всех каналов.
  - k) Voltmeter (Вольтметр): позволяет открыть меню настройки встроенного вольтметра. Можно выбрать источник и режим измерения.
    - Состояние вольтметра: ВКЛ или ВЫКЛ.

- Источник: измеряемый канал (CH1, CH2, CH3 или CH4).
- Режим: переменный (AC), постоянный (DC) или комбинированный (AC+DC).

l) Help (Справка): коснитесь значка Help в главном меню, чтобы открыть встроенную справочную систему.

14) Значки аналоговых каналов и форма сигнала: отображают номера каналов (CH1–CH4) и соответствующие им формы сигнала. Цвет канала совпадает с цветом отображаемого сигнала.

## 4.7 Сенсорный экран

Осциллографы серии MSO/UPO2000 оснащены 8-дюймовым ёмкостным сенсорным экраном с поддержкой мультитач-жестов и управления касаниями. Сенсорное управление обеспечивает удобную работу, высокую чувствительность и отличный пользовательский опыт, а также позволяет быстро взаимодействовать с меню и сигналами на экране. Функции управления касанием включают: нажатие (tap), сжатие / разведение (squeeze), перетаскивание (drag), рисование прямоугольников (drawing rectangle).

**Подсказка:** Меню, отображаемые на экране осциллографа, поддерживают сенсорное управление.

### 1) Касание

Используйте один палец для лёгкого нажатия на значок или слово на экране (см. рисунок 4-8). Жест «Тар» используется для:

- открытия меню на экране и перехода к настройкам;
- активации панели функций в левом нижнем углу экрана;
- вызова цифровой клавиатуры для ввода параметров;
- вызова виртуальной клавиатуры для задания имени файла или метки;
- закрытия всплывающих сообщений нажатием на крестик в правом верхнем углу;
- открытия других окон настройки, отображаемых на экране.



Рис. 4-8. Жест касания

### 2) Сжатие / разведение

Жест с двумя пальцами: Сведение пальцев — уменьшает масштаб (отдаление сигнала); Разведение пальцев — увеличивает масштаб (приближение формы сигнала). Если нужно уменьшить масштаб, сведите два пальца и проведите ими внутрь. Если нужно увеличить, разведите пальцы наружу (см. рисунок 4-9). Жест Squeeze используется для:

- регулировки горизонтальной временной шкалы (по оси X),
- регулировки вертикального масштаба сигнала (по оси Y).



Рис. 4-9. Жест сжатия

### 3) Перетаскивание

Используйте один палец, чтобы нажать и переместить выбранный элемент в нужное место (см. рисунок 4-10). Жест Drag используется для:

- перетаскивания формы сигнала — для изменения смещения или положения сигнала;
- перемещения окон интерфейса (например, цифровой клавиатуры);
- изменения положения курсора на экране.

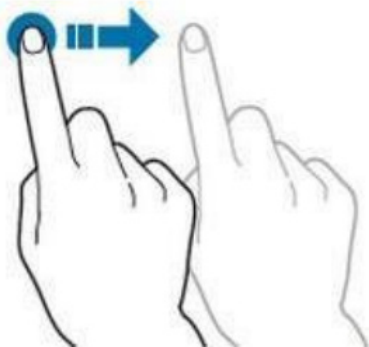


Рис. 4-10. Жест перетаскивания

### 4) Рисование прямоугольника

Откройте панель функций и коснитесь значка Drawing Rectangle, чтобы перейти в режим рисования прямоугольников. Проведите пальцем по экрану, чтобы нарисовать прямоугольную область, как показано на рисунках 4-11(a) и 4-11(b). После этого можно выбрать нужный режим в появившемся меню: Area A enable — включить область A, Area B enable — включить область B, Intersection — пересечение, Non-intersecting — непересекающиеся области, Source — источник триггера. Для выделения области триггера проведите пальцем от нижнего правого угла к верхнему левому по экрану.

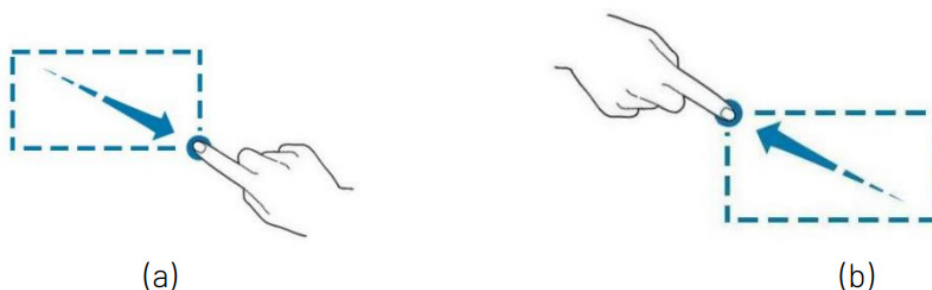




Рис. 4-11. Жест рисования прямоугольника

Выбор “Area A”:

- Нарисовать область срабатывания триггера A;
- Открыть область триггера A;
- Перейти в меню настройки области триггера.

Выбор “Area B”:

- Нарисовать область срабатывания триггера B;
- Открыть область триггера B;
- Открыть меню Trigger Area.

**Подсказка:** Нажмите значок Drawing Rectangle, чтобы переключаться между режимами рисования прямоугольника и работы с формой сигнала. Если на значке отображается , это значит, что активен режим рисования прямоугольника. Если на значке отображается , активен режим работы с осциллограммой. По умолчанию включён режим работы с формой сигнала.

### 5) Сенсорные быстрые действия

Разведите два пальца и одновременно сдвиньте их в одном направлении — этот жест позволяет включить или выключить курсоры измерения времени или напряжения.

1) Курсоры измерения времени:

- Сдвиньте пальцы вниз по вертикали, чтобы включить курсоры времени (рис. 4-12 а).
- Сдвиньте пальцы вверх по вертикали, чтобы выключить курсоры времени.

2) Курсоры измерения напряжения:

- Сдвиньте пальцы вправо по горизонтали, чтобы включить курсоры напряжения (рис. 4-12 б).
- Сдвиньте пальцы влево по горизонтали, чтобы выключить курсоры напряжения.

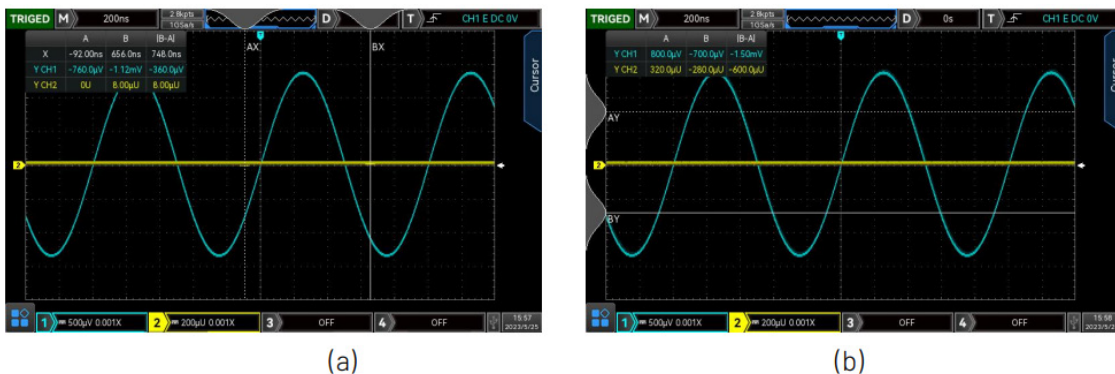











Рис. 4-12. Примеры включения курсоров измерения времени (а) и напряжения (б)

**Примечание:** Для включения/выключения курсоров расстояние слайда должно быть не менее 3 делений.

### 4.8 Введение специальных символов

При нажатии любой функциональной клавиши для вызова соответствующего меню на экране могут отображаться следующие значки:

	Этот символ означает, что многофункциональная ручка (Multipurpose Knob) на передней панели может использоваться для выбора и регулировки параметров.
	Этот символ указывает, что в меню есть несколько вариантов выбора.

	Этот символ указывает, что имеется следующее подменю.
	Этот символ указывает, что меню имеет два варианта настройки.
	Этот символ указывает, что для регулировки параметров можно использовать как многофункциональную ручку (Multipurpose Knob), так и вращающийся энкодер (Jog Dial).
	Этот символ означает, что можно вызвать цифровую клавиатуру на передней панели или через сенсорный экран для ввода числовых значений.
	Этот символ показывает, что текущая страница меню может быть прокручена вверх или вниз.
	Круглые индикаторы отображают общее количество страниц меню. Если страница одна — индикаторов нет; если несколько — активная страница подсвечивается.
	Клавиша для перелистывания страниц

## 5. Вертикальный канал

Осциллографы серии MSO/UPO2000 имеют две конфигурации: с 4 аналоговыми входными каналами (CH1–CH4), с 2 аналоговыми входными каналами (CH1–CH2). Настройка вертикальных каналов одинакова для всех моделей. В этой главе для примера используется канал 1 (CH1). Настройки вертикального канала включают:

- включение / выключение / активацию канала;
- тип связи (Channel Coupling);
- ограничение полосы пропускания (Bandwidth Limitation);
- масштаб по вертикали (Volts/Div);
- настройки щупа (Probe);
- инверсию фазы (Reverse Phase);
- единицы измерения (Unit);
- смещение по постоянному току (Bias Voltage);
- метку (Label).

### 5.1 Включение / Выключение / Активация аналогового канала

Каждый из четырёх каналов (CH1–CH4) имеет три состояния: включён, выключен и активен.

- 1) Включение канала: нажмите любую из клавиш 1, 2, 3 или 4, чтобы включить соответствующий канал, если он был выключен.
- 2) Выключение канала: в этом состоянии форма сигнала не отображается. Нажмите клавишу канала ещё раз, чтобы выключить его, если он был включён.
- 3) Активация канала: когда включено несколько каналов, активным может быть только один из них (канал должен быть во включённом состоянии). Только активный канал можно регулировать — масштаб, вертикальное смещение и настройки. Чтобы активировать другой включённый канал, нажмите соответствующую клавишу. При активации на экране откроется меню параметров выбранного канала.



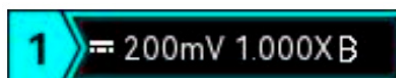
### 5.2 Тип связи канала

Режим связи канала можно выбрать в меню настройки: DC — постоянный ток, AC — переменный ток, Ground — заземление.



### 5.3 Ограничение полосы пропускания

Полоса пропускания может быть установлена на 20 МГц или полную полосу (Full Bandwidth). Если в меню выбрать 20 МГц, осциллограф ограничит пропускание до этой частоты, что уменьшает влияние высокочастотных помех и шумов. Эта функция особенно полезна при измерении низкочастотных сигналов, когда необходимо снизить уровень высокочастотных шумов. При включении функции ограничения на дисплее в строке состояния появляется символ В, как показано ниже:



Символ В

### 5.4 Ограничение полосы пропускания

Масштаб Volts/Div можно изменить в меню канала или поворотом ручки SCALE. Доступны два режима регулировки: Coarse — крупная регулировка, Fine — точная настройка. Диапазон шкалы составляет от 500 мкВ/дел до 20 В/дел, регулировка производится в порядке 1–2–5. В режиме Coarse масштаб изменяется обычным шагом, а в режиме Fine — с шагом 1% внутри текущего диапазона.

**Примечание:** div обозначает одно деление сетки на экране, то есть одно квадратное поле отображения осциллограммы.

### 5.5 Щуп

Для правильных измерений необходимо задать коэффициент ослабления щупа в меню канала. Если коэффициент ослабления щупа равен 10:1, в меню следует установить значение 10X, чтобы показания напряжения были корректными. При выборе единиц измерения V, W, U — доступны коэффициенты: 0.001X, 0.01X, 0.1X, 1X, 10X, 100X, 1000X и пользовательский (User-defined). При выборе единицы A (ток), осциллограф работает в режиме измерения тока, и доступны значения: 5 мВ/А, 10 мВ/А, 50 мВ/А, 100 мВ/А, 200 мВ/А и пользовательское значение.

### 5.6 Инверсия фазы

Эта функция позволяет инвертировать (отразить) форму сигнала по вертикали.

Когда Reverse Phase включена, значения напряжения отображаются с обратным знаком. На экране при этом появляется значок инверсии ↓, как показано на рисунке ниже.

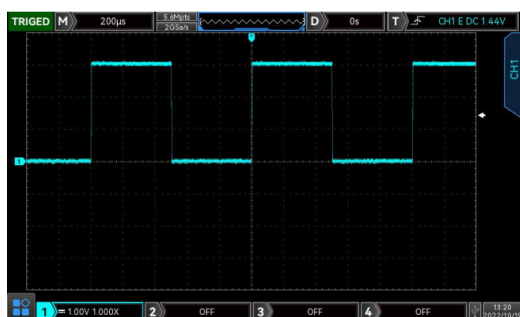


Рис. 5-1. Инверсия фазы выключена

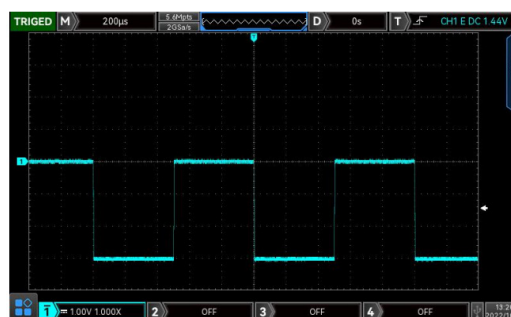


Рис. 5-2. Инверсия фазы включена

## 5.7 Единицы измерения

Настраивает единицу измерения амплитуды для текущего канала. Выбор производится в меню канала, доступны значения: V (вольты), A (амперы), W (ватты), U (другие пользовательские). По умолчанию установлена единица V. Если используется токовый щуп, единицу необходимо переключить на A. После изменения настройки единица измерения будет автоматически отображаться в индикаторе канала и в окне измерений.

## 5.8 Смещение по постоянному току

Отображает значение смещения по постоянному току для выбранного канала. Если форма сигнала перемещается вертикально с помощью ручки Vertical Position, значение смещения будет меняться. Смещение можно изменить с помощью: многофункциональной ручки Multipurpose, цифровой клавиатуры. При изменении смещения форма сигнала также будет двигаться по вертикали.

## 5.9 Метка

Позволяет задать метку канала для удобства отображения. По умолчанию прибор использует название активного канала (например, CH1). Также можно задать пользовательское имя метки.

Label = ON: метка канала отображается (например, CH1 или пользовательское имя).

Label = OFF: метка канала не отображается.

## 6. Горизонтальная система

Настройки горизонтальной развертки включают:

- Горизонтальную шкалу (Horizontal Scale);
- Режим прокрутки (ROLL Mode);
- Режим увеличения окна (Window Extension);
- Режим XY;
- Режим Multi-Scopes;
- Задержку срабатывания триггера (Trigger Holdoff).

### 6.1 Горизонтальная шкала

Горизонтальная шкала (временная база) показывает количество времени, соответствующее одному делению по горизонтали экрана. Обычно выражается в секундах на деление (s/div). Поверните ручку SCALE в области горизонтального управления, чтобы изменить горизонтальную шкалу в последовательности 1–2–5,

то есть: 1 нс/дел, 2 нс/дел, 5 нс/дел, 10 нс/дел, 20 нс/дел ... до 500 с/дел, 1 кс/дел. Поворот по часовой стрелке — уменьшает масштаб (увеличивает развертку). Поворот против часовой стрелки — увеличивает масштаб (уменьшает развертку). При изменении временной базы на экране в верхнем левом углу отображается текущее значение шкалы, и оно обновляется в реальном времени (см. рисунок 6-1).

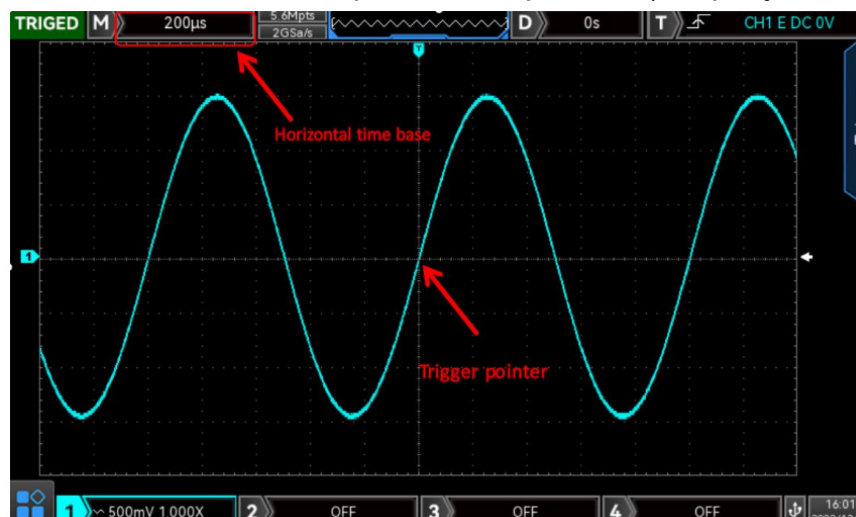


Рис. 6-1. Горизонтальная временная база и указатель триггера

Когда временная база изменяется, осциллограмма автоматически растягивается или сжимается относительно точки триггера.

## 6.2 Режим прокрутки

Если осциллограф находится в автоматическом режиме триггера (Auto Mode), при вращении ручки SCALE в области горизонтального управления, при замедлении горизонтальной шкалы до 20 мс/дел и ниже, осциллограф автоматически переходит в ROLL Mode.

В этом режиме осциллограф не перерисовывает экран после каждого цикла триггера, а непрерывно отображает тренд изменения напряжения во времени — то есть сигнал "плывёт" по экрану справа налево в реальном времени. Во время работы в режиме ROLL осциллограмма прокручивается справа налево, обновляя изображение в реальном времени. Новые данные появляются на правом краю экрана, а старые постепенно смещаются влево.

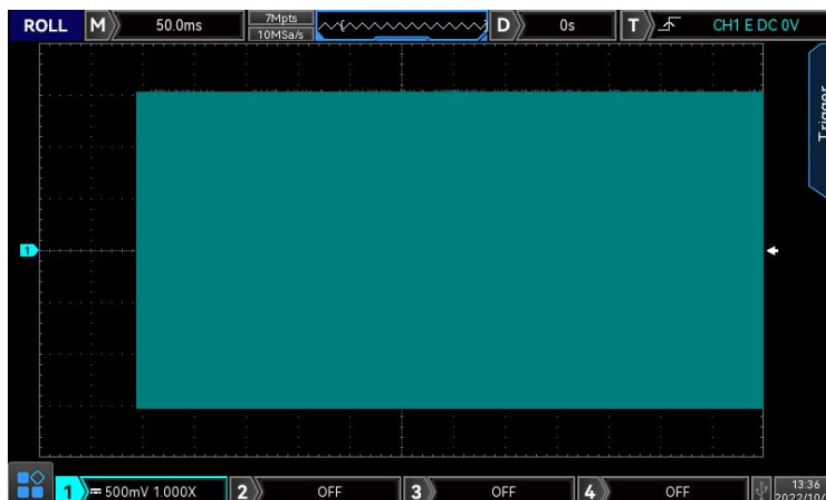


Рис. 6-2. Режим ROLL

Режим применяется при медленной развертке — для наблюдения низкочастотных сигналов. Рекомендуется установить тип связи канала (Channel Coupling) в режим DC (постоянный ток).

**Примечание:** В режиме ROLL недоступны следующие функции: горизонтальное смещение (Horizontal Displacement), декодирование протоколов (Protocol Decoding), тест «Прошёл/Не прошёл» (Pass/Fail Test), измерение параметров (Parameter Measurement), запись формы сигнала (Recording Waveform), регулировка яркости осциллограммы (Waveform Brightness).

### 6.3 Режим увеличения окна

Функция Window Extension используется для увеличения участка сигнала, чтобы рассмотреть форму волны более подробно. Этот режим можно активировать через меню горизонтального управления или нажатием ручки HORIZONTAL SCALE. При включении режима экран разделяется на две области отображения, как показано на рисунке 6-3 (на следующей странице).

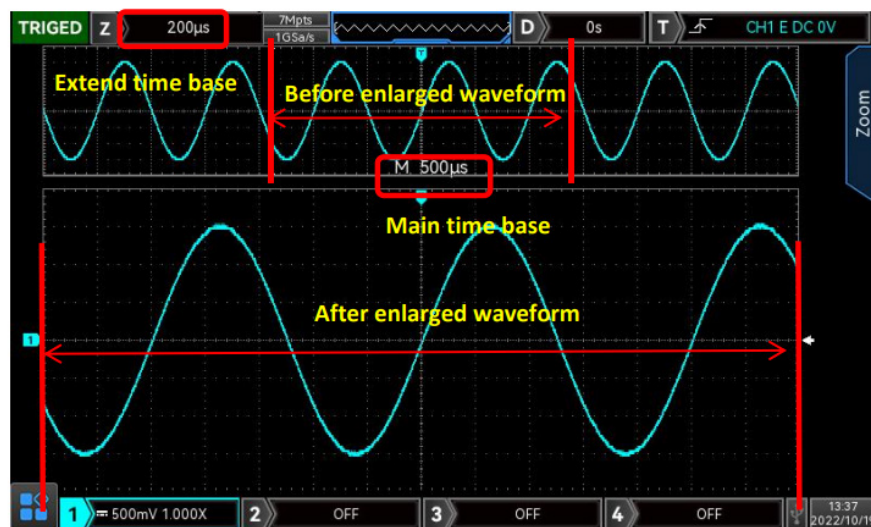


Рис. 6-3. Расширение окна

Форма сигнала до увеличения отображается в верхней части экрана в квадратных скобках. Эта область может перемещаться с помощью ручки Horizontal Position или изменением временной базы при помощи ручки SCALE.

#### Увеличенная форма сигнала

Увеличенная форма сигнала отображается в нижней части экрана. Функция Window Extension повышает разрешение отображения сигнала по сравнению с основной временной базой.

#### Выбор временной базы

После активации функции расширения окна (Window Extension) в меню временной базы можно выбрать одну из двух настроек:

- Расширенная временная база (Extend Time Base): поверните ручку Horizontal SCALE, чтобы изменить масштаб расширенной временной базы.
- Основная временная база (Main Time Base): поверните ручку Horizontal SCALE, чтобы изменить масштаб основной временной базы.

**Примечание:** Функция Window Extension работает только в диапазоне временных масштабов от 20 мс/дел до 1 нс/дел. Если включить расширенную временную базу

в режиме ROLL, основная временная база по умолчанию устанавливается на 20 мс/дел.

## 6.4 Режим XY

Режим XY используется для отображения сигнала в виде кривых Лиссажу (Lissajous curve) (см. рисунок 6-4).

Режим XY также поддерживает измерение фазового сдвига между двумя каналами, что позволяет быстро определить фазовую разницу между сигналами одинаковой частоты (см. рисунок 6-5).

### 1. Формат временной базы (Format of Time Base):

- YT: Отображение зависимости напряжения от времени (стандартная временная развертка).
- XY: Отображение кривой Лиссажу, позволяющей измерять фазовую разницу между двумя сигналами одинаковой частоты.

### 2. Отображение (Display):

- а. Полноэкранный режим: На экране отображается только кривая Лиссажу.
- б. Разделённый экран (Split Screen): В этом режиме кривая Лиссажу отображается в нижней части экрана, а в верхней части показывается соответствующая форма сигнала X–Y.

### 3. Режим X–Y

Форма сигнала, используемая для построения кривой Лиссажу, может быть выбрана между следующими комбинациями каналов: CH1–CH2, CH1–CH3, CH1–CH4, CH2–CH3, CH2–CH4, CH3–CH4. При выборе CH1–CH2 в меню X–Y: сигнал CH1 подаётся на горизонтальную ось (X), сигнал CH2 — на вертикальную ось (Y).

Если активен CH1 или CH3, используйте ручку POSITION в области VERTICAL для перемещения кривой Лиссажу по горизонтали.

Если активен CH2 или CH4, используйте ту же ручку для перемещения кривой по вертикали.

Для улучшения отображения кривой Лиссажу можно: изменять амплитуду каждого канала с помощью ручки SCALE в области вертикального управления; изменять временную базу с помощью ручки SCALE в области горизонтального управления. Форма сигнала в режиме X–Y показана на рисунке ниже.

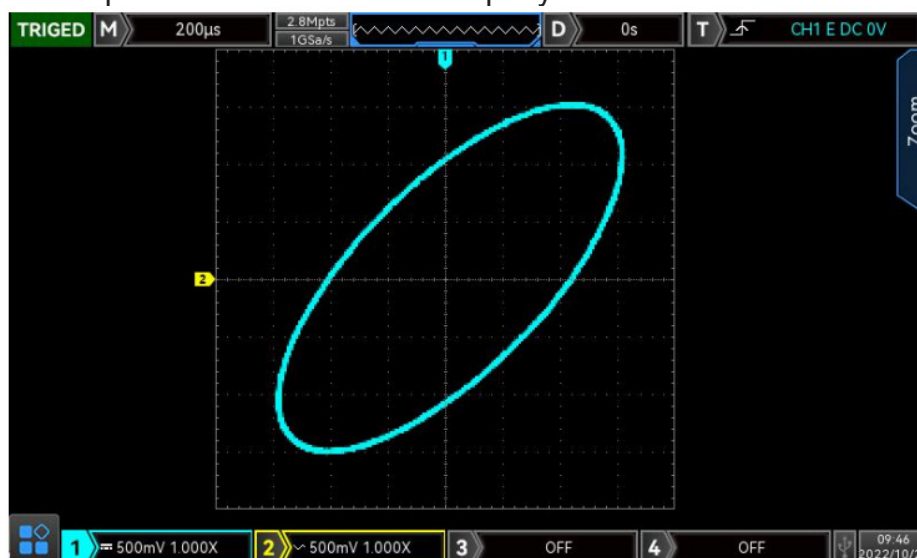


Рис. 6-4. Кривая Лиссажу в режиме X–Y

Чтобы отобразить разделённый экран, откройте меню Display и выберите соответствующий режим. Затем нажмите клавишу функции CURSOR, как показано на следующем рисунке (6-5).

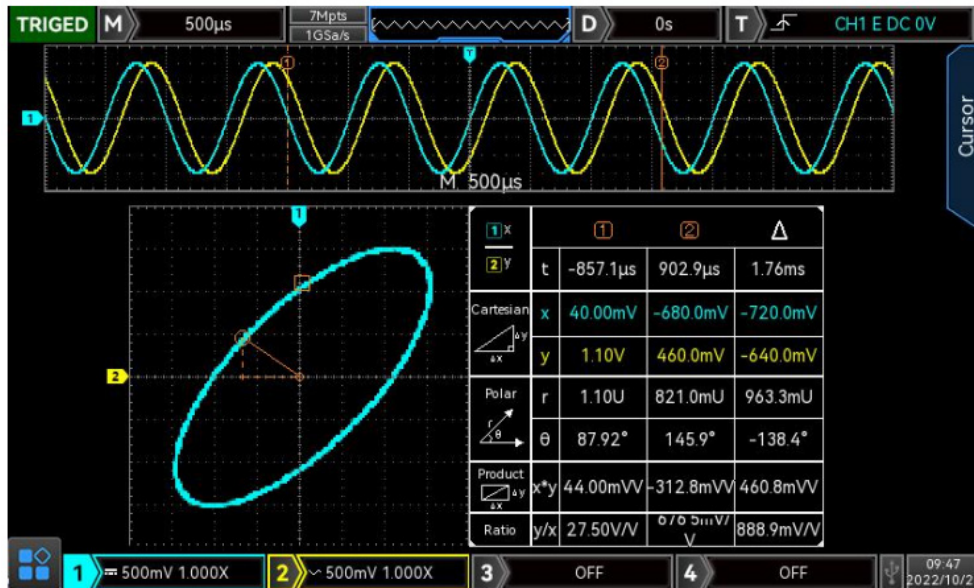


Рис. 6-5. Измерение фазового сдвига в режиме XY

В нижней части экрана отображается кривая Лиссажу, в верхней — соответствующие сигналы по осям X и Y. Параметры отображаются в таблице справа:

- Time, прямоугольные координаты, полярные координаты, произведение и соотношение — для курсора 1;
- Time, прямоугольные координаты, полярные координаты, произведение и соотношение — для курсора 2;
- Δ (Delta) — численная разница между двумя курсорами.

### Применение режима XY

Фазовую разницу между двумя сигналами с одинаковой частотой можно легко наблюдать с помощью кривой Лиссажу. Следующий рисунок иллюстрирует схему измерения фазового сдвига

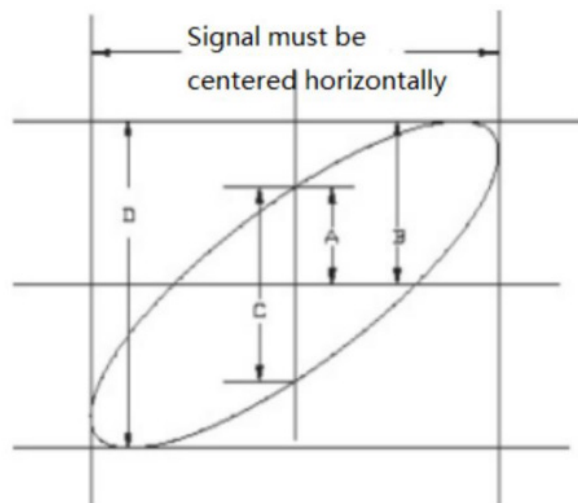


Рис. 6-6. Схематическое определение фазового угла

### Определение фазового угла

На основании соотношения  $\sin\theta = A/B$  или  $\sin\theta = C/D$ , угол  $\theta$  представляет собой фазовый угол между каналами. Определения параметров A, B, C, D приведены на рисунке 6-6. Таким образом, фазовый угол вычисляется по формуле:

$$\theta = \pm \arcsin(A/B) \text{ или } \theta = \pm \arcsin(C/D).$$

Если главная ось эллипса расположена в I или III квадранте, то измеренный фазовый угол находится в пределах: от 0 до  $\pi/2$  или от  $3\pi/2$  до  $2\pi$ .

Если главная ось эллипса расположена в II или IV квадранте, то измеренный фазовый угол находится в пределах: от  $\pi/2$  до  $\pi$  или от  $\pi$  до  $3\pi/2$ .

Если частота или фазовая разница между двумя сигналами равна целому числу периодов, то можно определить соотношение частоты и фазы сигналов, используя схему на рисунке 6-7.

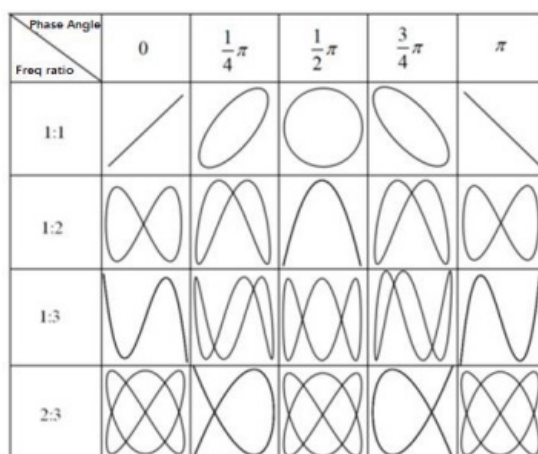


Рис. 6-7. Зависимость формы кривых Лиссажу от частоты и фазового сдвига

### 6.5 Режим Multi-Scopes

В режиме Multi-Scopes каналы CH1–CH4 могут иметь разные временные базы, что позволяет одновременно наблюдать сигналы с различной частотой. Для перехода в этот режим: откройте горизонтальное меню (Horizontal Menu) и выберите Multi-Scopes. На экране отобразится интерфейс, как показано на рисунке 6-8. Каждый канал можно настроить независимо — по частоте, амплитуде и форме сигнала.

В режиме Multi-Scopes можно: включать и выключать отдельные каналы; активировать один из них для настройки; регулировать временную базу, масштаб Volts/Div, горизонтальное и вертикальное смещение, а также параметры триггера каждого канала независимо.

Режим Multi-Scopes поддерживает разделение экрана, при котором текущий активный канал отображается в верхней части экрана для наблюдения за формой сигнала (см. рисунок 6-8).



Рис. 6-8. Отображение сигналов в режиме Multi-Scores

**Примечание:** При разделении экрана в режиме Multi-Scores горизонтальное разрешение каждого окна составляет 700 пикселей. Если экран разделён на четыре части, то горизонтальное разрешение каждого окна составляет 350 пикселей.

### 6.6 Задержка срабатывания триггера

Функция Trigger Holdoff используется для наблюдения сложных форм сигналов (например, последовательностей импульсов). Время удержания (Holdoff time) — это интервал, в течение которого осциллограф ждёт перед повторным запуском схемы триггера. Во время удержания прибор не будет выполнять новый триггер, пока не истечёт заданное время Holdoff. Например, при измерении группы импульсов можно задать время удержания, равное длительности одного импульса (см. рисунок 6-9). Для настройки времени Holdoff используйте: меню HORI MENU, многофункциональную ручку (Multipurpose Knob), диск Jog Dial или цифровую клавиатуру.

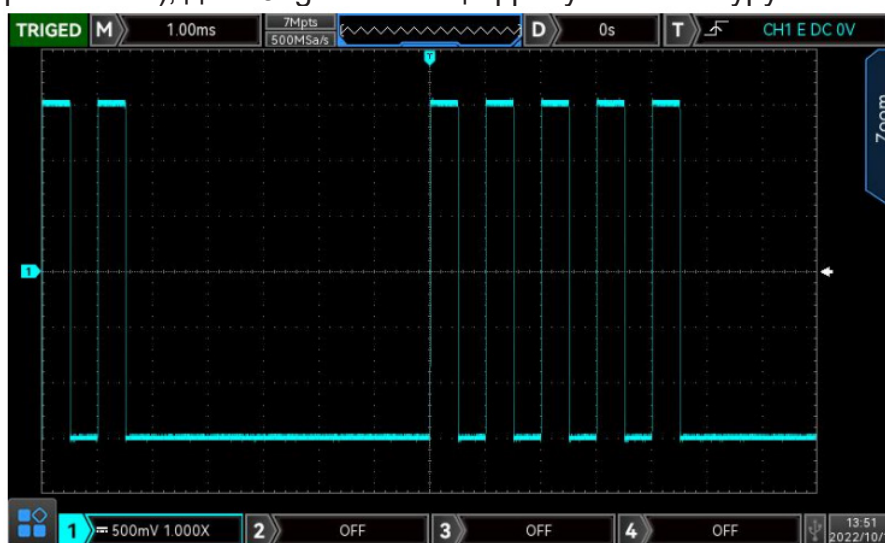


Рис. 6-9. Пример использования Trigger Holdoff при измерении последовательности импульсов

## 7. Система триггера

Система триггера определяет, когда осциллограф начинает сбор данных и отображает форму сигнала. Когда триггер настроен правильно, он преобразует нестабильные

сигналы в устойчивое и чёткое отображение осциллограммы. В начале сбора данных осциллограф накапливает достаточное количество выборок, чтобы сформировать изображение сигнала слева от точки триггера. После обнаружения события триггера осциллограф продолжает сбор данных, чтобы отобразить сигнал справа от точки триггера. Таким образом, осциллограф непрерывно регистрирует данные, обеспечивая стабильное отображение сигнала вокруг точки срабатывания триггера.

В этой главе, на примере четырёх аналоговых каналов (MSO/UPO2000), рассматриваются следующие режимы и понятия:

- Основные термины и объяснения системы триггера
- Триггер по фронту (Edge Trigger)
- Триггер по ширине импульса (Pulse Width Trigger)
- Видео-триггер (Video Trigger)
- Триггер по наклону (Ramp Trigger)
- Триггер по короткому импульсу (Runt Trigger)
- Триггер по превышению амплитуды (Over-Amplitude Pulse Trigger)
- Триггер по задержке (Delay Trigger)
- Триггер по тайм-ауту (Time-out Trigger)
- Триггер по длительности (Duration Trigger)
- Триггер по установке/удержанию (Setup/Hold Trigger)
- Триггер по N-му фронту (Nth Edge Trigger)
- Триггер по шаблону (Pattern Trigger)
- Триггер по RS232
- Триггер по I<sup>2</sup>C
- Триггер по SPI
- Триггер по CAN
- Триггер по CAN-FD
- Триггер по LIN
- Триггер по FlexRay
- Региональный триггер (Regional Trigger)

## 7.1 Основные понятия системы триггера

### 1) Источник триггера (Trigger Source)

Сигнал для генерации триггера может поступать из различных источников, таких как: аналоговые входные каналы (CH1, CH2, CH3, CH4), цифровые каналы (D0–D15), внешний триггер (EXT, EXT/5), сетевое питание (mains electricity).

- а) Аналоговый канал (Input Channel): можно выбрать любой аналоговый входной порт CH1–CH4 на передней панели осциллографа в качестве источника триггера.
- б) Цифровой канал (Digital Channel): когда подключён цифровой сигнал и активирован режим LA, можно выбрать любой из цифровых каналов в качестве источника триггера.
- в) Внешний триггер (External Trigger): выберите вход EXT Trig (разъём EXT или EXT/5) на передней панели осциллографа в качестве источника триггера. Например, внешний тактовый сигнал, поданный на вход EXT Trig, может использоваться как источник синхронизации. Уровень срабатывания внешнего

триггера можно установить в диапазоне от  $-1.8\text{ В}$  до  $+1.8\text{ В}$ .

- d) Сетевой сигнал (Mains Electricity): Используется для наблюдения сигналов, связанных с электросетью — например, при синхронизации с освещением или оборудованием питания. Позволяет добиться стабильной синхронизации измерений с сетью.

## 2) Источник триггера (Trigger Source)

Режим триггера определяет, как осциллограф будет вести себя при срабатывании триггера. Прибор поддерживает три режима триггера: автоматический (Auto), нормальный (Normal) и одиночный (Single).

### а) Автоматический триггер (Auto Trigger)

Когда сигнал триггера отсутствует, система автоматически собирает и отображает данные. Когда сигнал триггера появляется, осциллограф переходит в режим синхронизации, чтобы сигнал отображался стабильно.

Режим Auto Trigger подходит для:

- проверки постоянных сигналов (DC);
- сигналов с неизвестными электрическими характеристиками.

**Примечание:** В этом режиме допускается использование шкалы времени  $50\text{ мс/дел}$  или медленнее, чтобы установить режим без сигнала триггера в ROLL.

### б) Нормальный триггер (Normal Trigger)

В этом режиме осциллограф собирает данные только при выполнении условия триггера. Если сигнал триггера отсутствует — сбор данных прекращается. После появления сигнала триггера прибор обновляет данные на экране. Если условия не выполнены, сохраняется предыдущее изображение.

Режим Normal Trigger подходит для:

- регистрации только определённых событий, заданных в настройках;
- редких событий, когда необходимо избежать автоматического срабатывания триггера и обеспечить стабильное отображение формы сигнала.

### в) Одиночный триггер (Single Trigger)

В этом режиме нажмите кнопку SINGLE, чтобы очистить экран и ожидать нового события триггера. После его появления осциллограф захватывает сигнал один раз, отображает его и переходит в состояние STOP (остановка).

Режим Normal Trigger подходит для:

- регистрации разовых или непериодических сигналов (например, скачков напряжения);
- фиксации редких событий.

## 3) Тип сопряжения триггера (Trigger Coupling)

Тип сопряжения определяет, какая часть сигнала будет передана в схему триггера.

Доступны следующие варианты:

- a) DC — пропускает все компоненты сигнала.
- b) AC — блокирует постоянную составляющую.
- c) HF reject — подавляет высокочастотные компоненты выше  $40\text{ кГц}$ .
- d) LF reject — подавляет низкочастотные компоненты ниже  $40\text{ кГц}$ .
- e) Noise reject — снижает влияние шумов, уменьшая вероятность ложных срабатываний.

## 4) Предтриггер / Отложенный триггер (Pretrigger / Delayed Trigger)

Позволяет просматривать данные до или после срабатывания триггера. Позиция триггера обычно установлена в центре экрана, пользователь может наблюдать до 7 делений предтриггерной области. Сдвигая изображение по горизонтали, можно

анализировать предтриггерную часть волны, чтобы, например, выявить короткие сбои (glitches) в начале работы цепи.

#### 5) Принудительный триггер (Force Trigger)

Нажмите клавишу FORCE, чтобы принудительно сгенерировать сигнал триггера. Если осциллограмма не отображается на экране в режиме Normal или Single, нажатие FORCE заставит прибор выполнить захват выборки и убедиться, что процесс сбора данных работает корректно.

## 7.2 Основные понятия системы триггера

Триггер по фронту определяет момент срабатывания осциллографа по определённому переходу сигнала — по нарастающему фронту (rising edge), спадающему фронту (falling edge) или оба сразу (rising & falling edge), а также по заданному уровню напряжения. Через меню триггера можно выбрать источник сигнала, тип сопряжения, режим триггера и тип фронта. Когда условие выполнено, осциллограф стабильно отображает сигнал (см. рисунок 7-1).

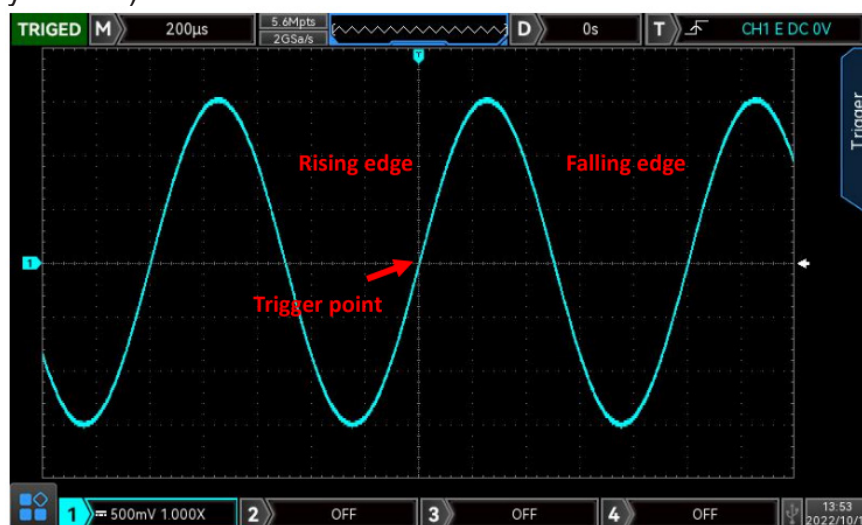


Рис. 7-1. Пример срабатывания триггера по фронту

Типы фронта:

- Rising edge (нарастающий фронт): срабатывание триггера при переходе сигнала от низкого уровня к высокому.
- Falling edge (спадающий фронт): срабатывание триггера при переходе сигнала от высокого уровня к низкому.
- Random edge (оба фронта): срабатывание триггера как при нарастании, так и при спаде сигнала.

## 7.3 Триггер по длительности импульса

Триггер по ширине импульса позволяет осциллографу срабатывать при обнаружении импульсов с заданной длительностью — положительных или отрицательных — в зависимости от установленных условий. В меню настройки этого режима можно выбрать: источник сигнала, условия срабатывания, верхний и нижний пределы длительности импульса, полярность импульса (положительный / отрицательный), тип сопряжения, режим триггера и другие параметры. Пример показан на рисунке 7-2.

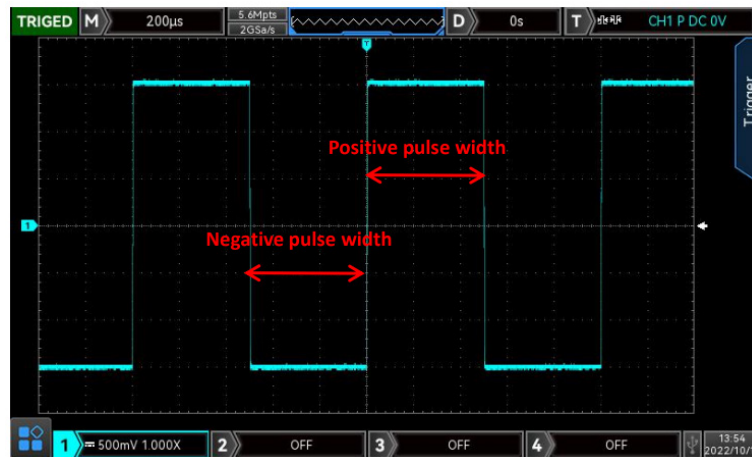


Рис. 7-2. Положительная и отрицательная длительность импульса

#### 1) Условие срабатывания

Выберите условие для триггера:  $>$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $\neq$

- $>$  (больше): Триггер сработает, когда длительность импульса сигнала больше, чем заданное значение. Можно задать нижний предел длительности импульса.
- $<$  (меньше): Триггер сработает, когда длительность импульса сигнала меньше, чем заданное значение. Можно задать верхний предел длительности импульса.
- $\neq$  (равно / в пределах): Триггер сработает, когда длительность импульса сигнала примерно равна установленному значению или находится в заданном диапазоне. Можно задать одновременно верхний и нижний пределы длительности импульса.

#### 2) Верхний и нижний предел длительности импульса

Сравнивается установленная длительность импульса с фактической длительностью сигнала. Триггер сработает, если условие выполняется. Диапазон настройки — от 1 нс до 4 с.

### 7.4 Триггер по видеосигналу

Видеосигнал содержит как изображение, так и временную последовательность строк. Существует несколько стандартов и форматов таких сигналов. Осциллограф MSO/UPO2000 поддерживает основные функции измерения видеосигналов и может выполнять триггер по строке или полю видеосигнала для следующих стандартов: NTSC (National Television Standards Committee), PAL (Phase Alternating Line), SECAM (Sequential Couleur à Mémoire). Пример показан на рисунке 7-3.

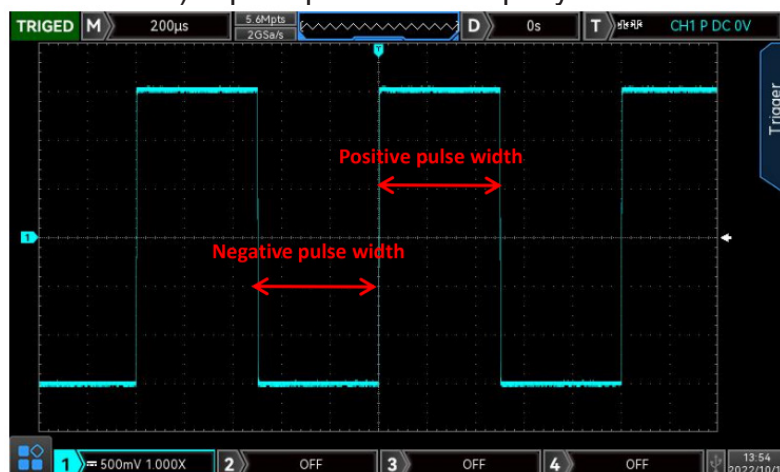


Рис. 7-3. Пример видеосигнала

- 1) Форматы видеосигнала
  - a) PAL: Частота кадров — 25 кадров в секунду, количество строк развертки — 625. Нечётные поля располагаются первыми, чётные — после них.
  - b) NTSC: Частота полей — 60 полей в секунду, частота кадров — 30 кадров в секунду, количество строк развертки — 525. Чётные поля находятся первыми, нечётные — после них.
  - c) SECAM: Частота кадров — 25 кадров в секунду, количество строк развертки — 625, используется чересстрочная развертка (interlaced scanning).
- 2) Синхронизация видеосигнала
  - a) Even field (чётное поле): Триггер срабатывает и синхронизируется по чётному полю видеосигнала.
  - b) Odd field (нечётное поле): Триггер срабатывает и синхронизируется по нечётному полю видеосигнала.
  - c) All lines (все строки): Триггер срабатывает и синхронизируется по любой строке видеосигнала.
  - d) Specified lines (заданные строки): Триггер срабатывает и синхронизируется по определённой строке. Номер строки можно указать с помощью многофункционального энкодера (Multipurpose knob). Диапазон: от 1 до 625 — для PAL/SECAM, от 1 до 525 — для NTSC.

**Подсказка:** Чтобы лучше рассмотреть детали формы видеосигнала, рекомендуется увеличить глубину памяти прибора. Осциллограф серии MSO/UPO2000 использует фирменную технологию UNI-T Digital 3D, включающую многоуровневую серую шкалу яркости, позволяющую различать частоту и интенсивность разных участков сигнала. Опытный пользователь может быстро оценить качество видеосигнала и выявить аномалии во время отладки.

## 7.5 Триггер по наклону

Триггер по наклону используется, когда осциллограф срабатывает в момент, когда нарастающий или спадающий участок сигнала (ramp) соответствует заданному уровню. Меню Ramp Trigger (триггер по наклону) позволяет задать: источник сигнала, тип сопряжения, режим триггера, тип фронта (нарастающий / спадающий), условие по времени, верхний и нижний предел времени, а также уровень срабатывания.

- 1) Тип фронта
  - a) Rising edge – срабатывание по нарастающему фронту сигнала.
  - b) Falling edge – срабатывание по спадающему фронту сигнала.
- 2) Условие по времени
  - a) > (больше): триггер срабатывает, когда время наклона сигнала больше заданного; можно установить нижний предел времени.
  - b) < (меньше): триггер срабатывает, когда время наклона сигнала меньше заданного; можно установить верхний предел времени.
  - c) ≈ (равно / в пределах): триггер срабатывает, когда время наклона сигнала примерно соответствует установленному диапазону; можно задать одновременно нижний и верхний предел времени.

**Примечание:** Время наклона сигнала — это время между уровнями "High level threshold" и "Low level threshold" на нарастающем или спадающем участке (см. рисунок).

### 3) Настройка уровней

Можно задать нижний уровень, верхний уровень и диапазон верх-низ. Нажмите кнопку

LEVEL в блоке управления триггером, чтобы быстро выбрать параметр.

- a) Low level: регулировка нижнего порогового уровня триггера.
- b) High level: регулировка верхнего порогового уровня триггера.
- c) High–Low level: регулировка диапазона уровней.

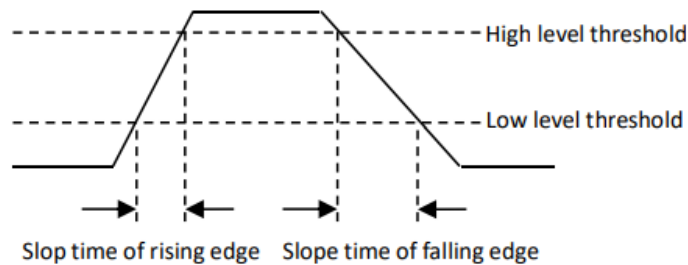
4) Верхний и нижний предел времени

Диапазон установки времени: от 8 нс до 1 с.

**Примечание:** При триггере по наклону на экране в левом верхнем углу отображается значение скорости нарастания (slew rate), вычисляемое по формуле:

$$\text{Slew rate} = (\text{High level threshold} - \text{Low level threshold}) / \text{Time}$$

На графике показаны: время нарастания (slope time of rising edge), время спада (slope time of falling edge).



## 7.6 Триггер по неполному импульсу

Триггер Runt используется для обнаружения импульса, который пересек один уровень триггера, но не достиг другого. Положительный неполный импульс (positive runt): сигнал пересекает нижний уровень триггера, но не достигает верхнего. Отрицательный неполный импульс (negative runt): сигнал пересекает верхний уровень триггера, но не достигает нижнего. Пример показан на рисунке 7-4.

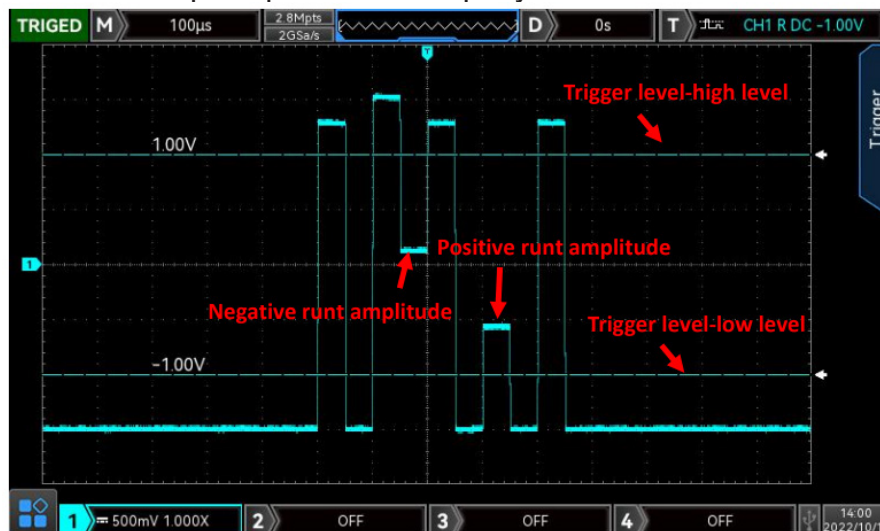


Рис. 7-4. Пример триггера по неполному импульсу

Меню триггера Runt Trigger позволяет задать: источник сигнала, тип сопряжения, режим триггера, полярность (положительный / отрицательный импульс), условие срабатывания (<, >, ≈, без условия), верхний и нижний предел времени, а также уровни триггера.

1) Полярность триггера

- a) Positive pulse (положительный импульс): триггер срабатывает по положительному неполному импульсу.

b) Negative pulse (отрицательный импульс): триггер срабатывает по отрицательному неполному импульсу.

## 2) Условие срабатывания

Тип условия: Irrelevance, >, <, ≈ ( $\leq$ )

a) Irrelevance (без условия): триггер по неполному импульсу не устанавливается.

b) > (больше): триггер срабатывает, когда длительность неполного импульса больше заданной; можно установить нижний предел времени.

c) < (меньше): триггер срабатывает, когда длительность неполного импульса меньше заданной; можно установить верхний предел времени.

d) ≈ (в пределах): триггер срабатывает, когда длительность неполного импульса находится в заданном диапазоне; можно задать одновременно верхний и нижний пределы времени.

## 3) Верхний / нижний предел времени

Сравнивает длительность импульса с установленным значением. Триггер срабатывает, если условие выполнено. Диапазон установки: от 8 нс до 10 с.

## 4) Настройка уровней

Можно задать нижний, верхний и диапазон верх-низ уровней.

Нажмите кнопку LEVEL на панели управления триггером для быстрого выбора.

a) Low level: настройка нижнего порога срабатывания по неполному импульсу.

b) High level: настройка верхнего порога срабатывания.

c) High-low level: настройка диапазона между верхним и нижним порогом.

## 7.7 Триггер по превышению амплитуды

Триггер по превышению амплитуды использует два уровня — верхний и нижний. Когда нарастающий фронт входного сигнала пересекает верхний уровень или спадающий фронт пересекает нижний, осциллограф срабатывает. Это показано на рисунке 7-5. Меню триггера по превышению амплитуды позволяет задать: источник сигнала, тип сопряжения, режим триггера, тип превышения (rising edge, falling edge, random edge), позицию (enter, exit, time), параметры триггера и уровни.

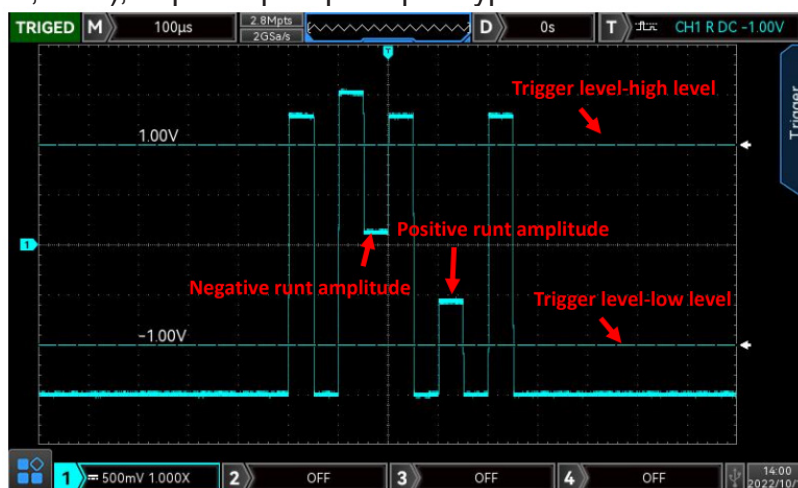


Рис. 7-5

### 1) Тип превышения

Выберите, по какому фронту будет срабатывать триггер. Можно выбрать нарастающий, спадающий или случайный (random) фронт. Текущий наклон (slope) отображается в правом верхнем углу экрана.

- a) Rising edge (нарастающий фронт): триггер срабатывает, когда сигнал превышает заданный верхний уровень напряжения.
- b) Falling edge (спадающий фронт): триггер срабатывает, когда сигнал падает ниже заданного нижнего уровня напряжения.
- c) Random edge (случайный фронт): триггер срабатывает при любом фронте (нарастающем или спадающем), если напряжение находится в пределах заданного диапазона уровней.

## 2) Позиция триггера

Позволяет выбрать, в какой момент сработает триггер — при входе, выходе или по времени превышения.

- a) Enter (вход): срабатывание при входе сигнала в зону превышения установленного уровня.
- b) Exit (выход): срабатывание при выходе сигнала из зоны превышения.
- c) Time (время): срабатывание, если сигнал остаётся в состоянии превышения дольше или равно заданному времени.

## 3) Настройка триггера

Когда позиция триггера установлена в режим Over-amplitude Time, заданный интервал времени вступает в силу, и триггер активируется при превышении этого порога времени.

## 4) Настройка уровней

Можно установить нижний, верхний и диапазон верх-низ уровней. Нажмите кнопку LEVEL на панели управления триггером для быстрого выбора параметра.

- a) Low level — настройка нижнего порогового уровня триггера по превышению амплитуды.
- b) High level — настройка верхнего порогового уровня триггера.
- c) High-low level — настройка диапазона между верхним и нижним уровнями.

## 7.8 Триггер по задержке

Триггер по задержке требует задания источника триггера 1 и источника триггера 2. Когда временная разница ( $\Delta T$ ) между фронтами, заданными для источников 1 и 2, соответствует установленному лимиту времени, осциллограф срабатывает, как показано на рисунке 7-6.

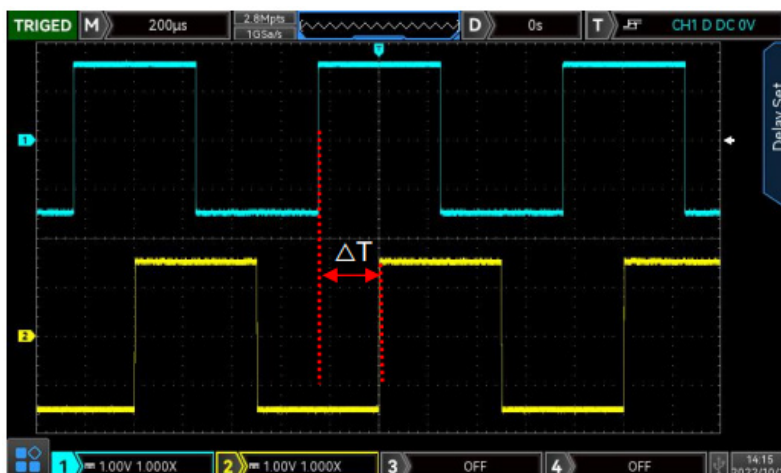


Рис. 7-6

Edge 1 и Edge 2 заданы как нарастающие фронты (rising edges).

Область  $\Delta T$  (временной интервал между ними) выделена красным цветом.

**Примечания:** Фронты 1 и 2 должны быть смежными. Только канал, к которому подключён сигнал, может быть выбран в качестве источника стабильного триггера.

#### 1) Условия срабатывания по задержке

Можно выбрать одно из условий:  $>$ ,  $<$ ,  $\approx$  ( $\leq$ ),  $><$  (диапазон вне пределов).

- $>$  (больше): триггер срабатывает, когда временная разница ( $\Delta T$ ) между фронтами источников 1 и 2 больше заданного нижнего предела времени.
- $<$  (меньше): триггер срабатывает, когда временная разница ( $\Delta T$ ) меньше установленного верхнего предела времени.
- $\leq$  (в пределах): триггер срабатывает, когда временная разница ( $\Delta T$ ) находится в пределах заданного диапазона.
- $><$ : если временной интервал ( $\Delta T$ ) между фронтом источника 1 и фронтом источника 2 больше заданного нижнего предела и меньше заданного верхнего предела, можно установить оба значения — верхнее и нижнее.

#### 2) Верхний / нижний предел времени

Сравнивается заданное значение времени с  $\Delta T$ . Триггер срабатывает, когда выполняется условие. Диапазон установки: от 8 нс до 10 с.

### 7.9 Триггер по тайм-ауту

Триггер по тайм-ауту срабатывает, когда временной интервал ( $\Delta T$ ) между нарастающим фронтом (или спадающим фронтом) входного сигнала и соседним противоположным фронтом превышает заданное время тайм-аута. Показано на рисунке 7-7.

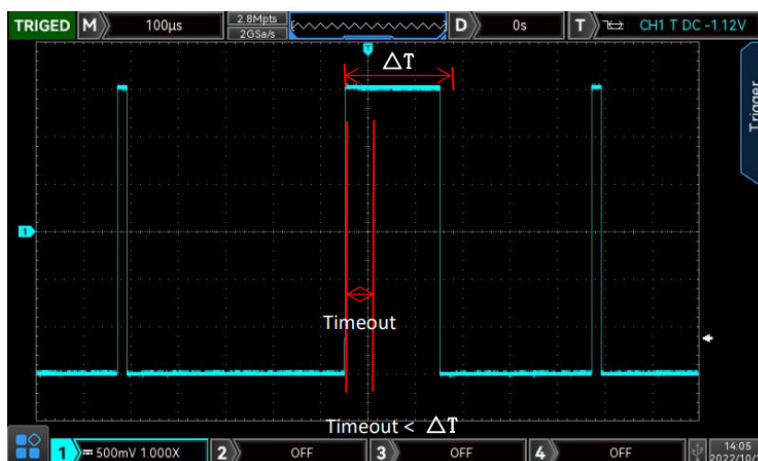


Рис. 7-7

#### 1) Тип фронта

Выберите, по какому фронту входного сигнала будет запускаться таймер. Можно выбрать нарастающий, спадающий или случайный фронт. Текущий тип фронта отображается в правом верхнем углу экрана.

- Rising edge (нарастающий фронт): таймер запускается при прохождении нарастающего фронта входного сигнала через уровень триггера.
- Falling edge (спадающий фронт): таймер запускается при прохождении спадающего фронта через уровень триггера.
- Random edge (случайный фронт): таймер запускается при прохождении любого фронта — нарастающего или спадающего — через уровень триггера.

#### 2) Тайм-аут

Срабатывание триггера происходит, если время между фронтами ( $\Delta T$ ) превышает установленное значение времени тайм-аута.

### 7.10 Триггер по длительности

При выборе триггера по длительности осциллограф определяет условие срабатывания, анализируя продолжительность (длительность) определённого кода сигнала. Коды представляют собой комбинации логических состояний каналов (AND), и значение каждого канала может быть: H — высокий уровень (High), L — низкий уровень (Low), X — игнорируется (Ignored). Триггер срабатывает, когда длительность ( $\Delta T$ ) соответствующего кода совпадает с заданным временем, как показано на рисунке 7-8.

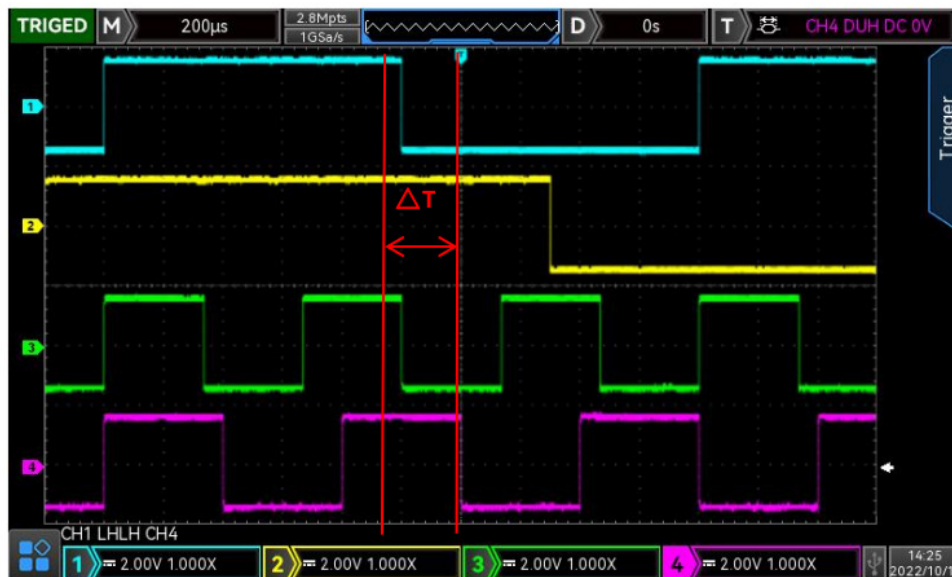


Рис. 7-8

#### 1) Шаблон

Всего есть три режима: H, L и X. Заданный шаблон для каждого канала отображается в нижней части экрана (см. рисунок 7-8).

- H: устанавливает код выбранного канала в состояние «Высокий уровень» — уровень сигнала выше порога срабатывания.
- L: устанавливает код выбранного канала в состояние «Низкий уровень» — уровень сигнала ниже порога срабатывания.
- X: устанавливает код выбранного канала в состояние «Игнорировать» — канал не участвует в шаблоне. Если все каналы установлены в состояние X, осциллограф не срабатывает.

#### 2) Условие триггера

- > (больше): триггер срабатывает, если длительность шаблона больше заданного времени; можно установить нижний предел.
- < (меньше): триггер срабатывает, если длительность шаблона меньше заданного времени; можно установить верхний предел.
- ≈ (в пределах): триггер срабатывает, если длительность шаблона находится в пределах между верхним и нижним лимитом времени.

#### 3) Верхний и нижний предел времени

Сравнивается длительность шаблона с установленным временем  $\Delta T$ . Триггер срабатывает, когда выполняется условие. Диапазон установки — от 8 нс до 10 с.

## 7.11 Триггер установки/удержания

При триггере Setup/Hold осциллограф использует линии данных и тактового сигнала.

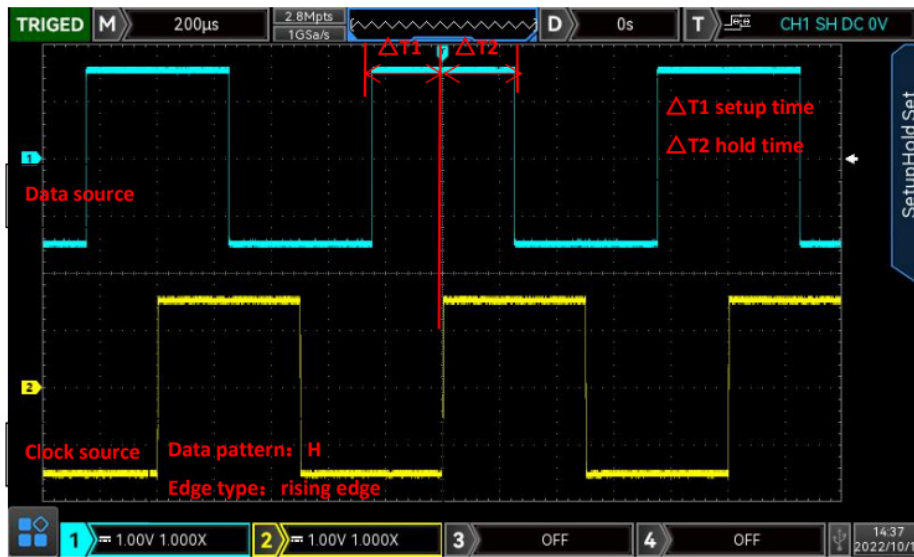


Рис. 7-9

- Время установки (Setup time) начинается, когда сигнал данных пересекает уровень триггера и заканчивается, когда приходит фронт тактового сигнала.
- Время удержания (Hold time) начинается с прихода указанного фронта тактового сигнала и заканчивается, когда сигнал данных снова пересекает уровень триггера (см. рисунок 7-9).

Осциллограф срабатывает, если время установки или удержания меньше установленного порога. Этот тип триггера используется в основном для поиска и диагностики ошибок передачи данных — он позволяет быстро выявлять сигналы, не соответствующие требованиям по времени установки/удержания.

### 1) Настройка шаблона

Доступно два режима: H и L.

- a) H — установить активный уровень сигнала данных как высокий.
- b) L — установить активный уровень сигнала данных как низкий.

### 2) Тип фронта

Выберите тип фронта тактового сигнала: нарастающий (rising) или спадающий (falling).

- a) Rising edge: запуск по нарастающему фронту.
- b) Falling edge: запуск по спадающему фронту.

### 3) Setup / Hold

Поддерживаются три режима: Setup — только время установки; Hold — только время удержания; Setup & Hold — проверка обоих параметров одновременно.

- a) Setup (установка): триггер срабатывает, если время установки меньше заданного значения.
- b) Hold (удержание): триггер срабатывает, если время удержания меньше заданного значения.
- c) Setup & Hold (установка и удержание): триггер срабатывает, если время установки и удержания одновременно меньше заданных значений.

### 4) Время

Сравниваются времена установки и удержания с установленным временем  $\Delta T$ . Триггер срабатывает, когда выполняется условие. Диапазон установки — от 8 нс до 10 с.

## 7.12 Триггер по N-му фронту

Триггер по N-му фронту срабатывает на N-м фронте сигнала после определённого времени простоя (idle time). Например, как показано на рисунке 7-10, триггер настроен на 2-й нарастающий фронт после заданного интервала бездействия. Время между соседними фронтами обозначается как idle time, а промежуток M — это время между первым и следующим фронтом. P — это максимальное время между учитываемыми фронтами.

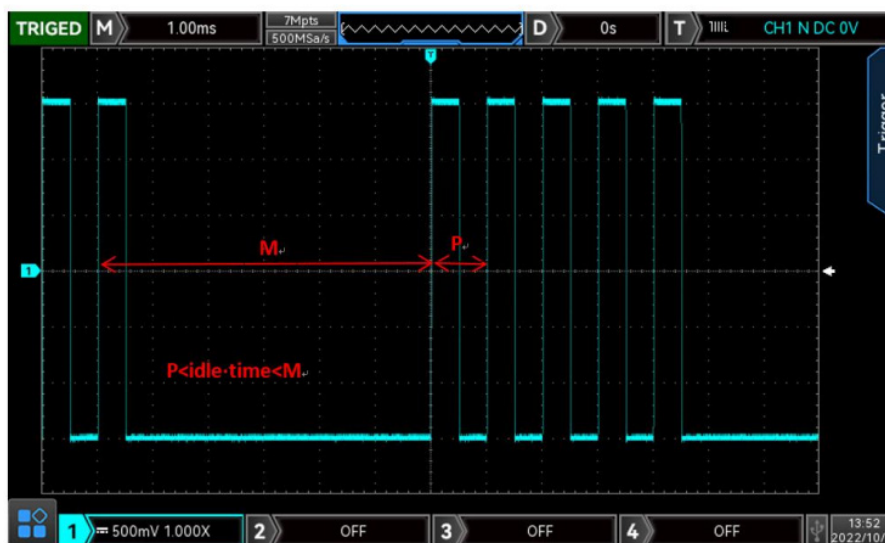


Рис. 7.10

### 1) Тип фронта

Выберите, по какому фронту будет срабатывать триггер: можно выбрать нарастающий (rising) или спадающий (falling). Текущий выбранный тип отображается в правом верхнем углу экрана.

- a) Rising edge: триггер срабатывает по нарастающему фронту.
- b) Falling edge: триггер срабатывает по спадающему фронту.

### 2) Время простоя

Сравнивается время простоя с длительностью импульса. Триггер срабатывает, когда выполняется условие. Диапазон установки — от 8 нс до 10 с.

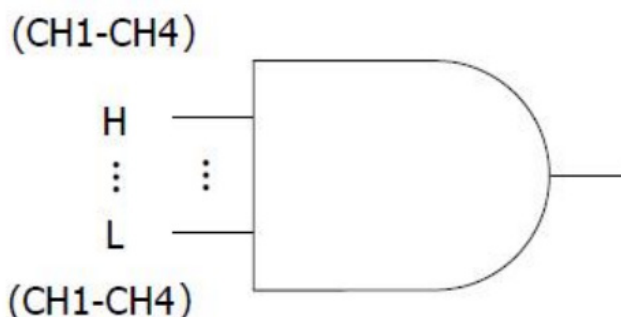
### 3) Количество фронтов

Количество фронтов означает, на каком именно фронте импульсной последовательности произойдёт срабатывание триггера. Значение фронта можно установить с помощью многофункционального регулятора (Multipurpose knob), энкодера (Jog dial) или цифровой клавиатуры. Диапазон установки значения фронта: от 1 до 65535.

## 7.13 Триггер по шаблону

Триггер по шаблону определяет условие срабатывания, анализируя заданную комбинацию логических состояний каналов. Тип триггера — это логическое сочетание сигналов каналов по принципу «И» (AND). Каждый канал может быть установлен в одно из состояний: H — высокий уровень (High); L — низкий уровень (Low); X — игнорируется (Ignored). Можно также указать для одного канала срабатывание по фронту — нарастающему (rising edge) или спадающему (falling edge). Если фронт задан, и шаблон остальных каналов соответствует условию True (т.е. фактическое состояние совпадает с заданным шаблоном), осциллограф работает при появлении указанного фронта.

Если фронт не задан, осциллограф сработает при последнем фронте шаблона типа True. Если все каналы установлены в состояние Ignored, триггер не сработает.



### 1) Шаблон

Доступны состояния H, L, X, нарастающий фронт и спадающий фронт. Текущее состояние каналов отображается в нижней части экрана.

- a) H: установить канал в состояние высокого уровня — уровень сигнала выше порога срабатывания.
- b) L: установить канал в состояние низкого уровня — уровень сигнала ниже порога срабатывания.
- c) X: игнорировать данный канал; если все каналы установлены в X, осциллограф не сработает.
- d) Rising edge: задать срабатывание по нарастающему фронту выбранного канала.
- e) Falling edge: задать срабатывание по спадающему фронту выбранного канала.

## 7.14 Триггер RS232

Триггер с расшифровкой RS232 позволяет задать: условия срабатывания, тип данных, тип связи (coupling), режим триггера, параметры декодирования.

### 1) Условие срабатывания триггера

- a) Start frame (начало кадра): триггер срабатывает при начале кадра протокола RS232. Когда отправляется одна и та же строка несколько раз, этот триггер можно использовать, чтобы наблюдать стабильную форму сигнала. Если передаваемые данные изменяются, соответствующая форма сигнала также изменится.
- b) Error frame (ошибочный кадр): Срабатывает, если при приёме появляется «0» в состоянии стоп-бита или возникает ошибка данных в середине передачи.
- c) Parity error (ошибка чётности): Протокол RS232 устанавливает бит чётности (0 или 1) в соответствии с выбранным правилом чётности.

Правила чётности:

- Odd parity (нечётная): если общее количество единиц (1) в данных и бите чётности нечётное — передача считается корректной.
- Even parity (чётная): если количество единиц чётное — передача корректна. Эта функция помогает пользователю отслеживать процесс коммуникации RS232 и быстро находить ошибки, связанные с нарушением чётности.

### 2) Данные

Данный параметр активен, если условие триггера установлено как «Data». Диапазон значений — от 00 до FF (шестнадцатеричный формат).

### 3) Настройки декодирования

Быстрый доступ к интерфейсу декодирования протокола RS232. Подробнее см. раздел «RS232 Decoding».

## 7.15 Триггер I<sup>2</sup>C

Триггер с декодированием I<sup>2</sup>C позволяет настроить: тип связи (coupling), режим триггера, направление передачи (operating direction), параметры декодирования, условия срабатывания триггера.

### 1) Направление передачи

Может быть выбрано «write» (запись) или «read» (чтение).

- a) Write: триггер срабатывает, если бит read/write протокола I<sup>2</sup>C равен «write».
- b) Read: триггер срабатывает, если бит read/write протокола I<sup>2</sup>C равен «read».

### 2) Условия срабатывания

Можно выбрать одно из условий: start, restart, stop, loss confirmed, address, data или address + data.

- a) Start: триггер срабатывает в момент начала передачи — когда сигнал SCL находится на высоком уровне, а сигнал SDA падает (появляется спадающий фронт).
- b) Restart: триггер срабатывает при повторном старте — то есть после начала передачи, но до её завершения появляется новый сигнал старта.
- c) Stop: триггер срабатывает при завершении передачи — когда SCL остаётся на высоком уровне, а SDA изменяется.
- d) Loss Confirmed (подтверждение потери): В протоколе I<sup>2</sup>C после каждой передачи 8 бит данных приёмник должен отправить подтверждающий сигнал (ACK-бит). Когда линия SCL находится в высоком уровне, а SDA — в низком, передаётся подтверждение. Если оба сигнала (SCL и SDA) одновременно находятся в высоком уровне в момент ACK-бита — осциллограф зафиксирует триггер потери (Loss Trigger).
- e) Address (адрес): Триггер срабатывает, когда адрес передаваемого устройства совпадает с заданным пользователем адресом. Эта функция помогает быстро определить момент передачи нужного адреса.
- f) Data (данные): Срабатывает, когда обнаруженные данные равны / больше / меньше / не равны установленному значению. Эта функция полезна для анализа данных и обнаружения аномалий в передаче.
- g) Address & Data (адрес и данные): Срабатывает, если адрес и данные одновременно соответствуют заданным условиям. Это позволяет реализовать триггер по конкретной комбинации адреса и данных и облегчает анализ передачи по протоколу I<sup>2</sup>C.

### 3) Разрядность адреса

Если выбрано условие «address» или «address + data», ширина адреса может быть установлена на 7 или 10 бит.

### 4) Адрес

Параметр активен при условии «address» или «address + data». Диапазон значений — от 00 до FFF (в шестнадцатеричном формате).

### 5) Длина байта

При условии «address» или «address + data» можно задать длину данных — от 1 до 5 байт.

### 6) Данные

Доступно при условии «address» или «address + data». Диапазон значений — от 00 до FFFFFFFF (в шестнадцатеричном формате). Настройка выполняется с помощью многофункционального регулятора (Multipurpose knob).

## 7) Настройки декодирования

Быстрый переход к интерфейсу декодирования протокола I<sup>2</sup>C. Подробнее см. раздел “I<sup>2</sup>C Decoding”.

### 7.16 Триггер SPI

Триггер с декодированием SPI позволяет настраивать: условия срабатывания, данные, время бездействия (idle time), тип связи (coupling), режим триггера, параметры декодирования.

#### 1) Условие срабатывания

- a) Enable chip selection (активация выбора микросхемы): включает выбор микросхемы и выбор микросхемы + данные. Триггер срабатывает при изменении уровня сигнала выбора микросхемы (chip select) с неактивного на активный.
- b) Idle time (время бездействия): включает периоды «покоя» и «покой + данные». Триггер по времени бездействия срабатывает в начале новых данных после заданного интервала без активности.

#### 2) Данные

Если условие триггера выбрано как “chip selection & data” или “idle & data”, можно настроить параметры данных — ширину бита, длину кадра и данные MOSI.

**Примечание:** максимальная длина кадра — 128 бит.

- a) Bit Width (ширина бита): устанавливает ширину бита каждого сигнала в протоколе SPI. Диапазон — от 4 до 32 бит.
- b) Frame Length (длина кадра): устанавливает длину блока данных. Диапазон — 1–32.
- c) MOSI Data: устанавливает данные MOSI, связанные с длиной кадра. Диапазон значений — от 0 до FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF.

#### 3) Idle Time (время бездействия)

Счётчик времени бездействия начинает отсчёт, когда сигнал SCK остаётся неизменным. Если время превышает заданное значение, триггер срабатывает при следующем допустимом фронте сигнала. Счётчик обнуляется при каждом корректном импульсе тактового сигнала. Диапазон настройки — от 100 нс до 1 с.

#### 4) Настройка декодирования

Быстрый переход к интерфейсу декодирования протокола SPI. Подробнее см. раздел “SPI Decoding”.

### 7.17 Триггер CAN

Триггер с декодированием CAN позволяет настраивать: условия срабатывания, тип связи (coupling), режим триггера, параметры настройки.

#### 1) Условие срабатывания

CAN-триггер может быть установлен на следующие события: начало кадра, кадр данных, удалённый кадр, кадр ошибки, перегрузка, идентификатор, данные, ID + данные, конец кадра, подтверждение потери и ошибка бита.

- a) Start Frame (начало кадра): осциллограф срабатывает при обнаружении начала кадра протокола CAN.
- b) Data Frame (кадр данных): срабатывает при совпадении формы кадра данных с сигналом CAN.
- c) Remote Frame (удалённый кадр): срабатывает при появлении удалённого кадра.
- d) Error Frame (кадр ошибки): срабатывает при обнаружении кадра ошибки в сигнале CAN.

- e) Overload Frame (кадр перегрузки): срабатывает при обнаружении перегрузки в передаче.
- f) Identifier (идентификатор): осциллограф срабатывает, когда кадр данных содержит указанный ID.
- g) Data (данные): срабатывает при совпадении данных с заданным ID. (Кадр данных содержит данные, удалённый кадр — только ID без данных.)
- h) ID and Data: срабатывает, если кадр данных содержит и совпадающий ID, и соответствующие данные.
- i) End of Frame (конец кадра): срабатывает в момент окончания кадра CAN-сигнала.
- j) Loss Confirmed (подтверждение потери): Триггер срабатывает при подтверждённой потере сигнала CAN.
- k) Bit Stuff Error (ошибка заполнения бита): в сегментах, где требуется заполнение битов, осциллограф работает, если обнаружит повтор одного и того же уровня сигнала 6 бит подряд.

## 2) Формат кадра

Параметр активен, если условие триггера установлено как “identifier” или “ID & data”. Можно выбрать стандартный или расширенный формат. Для разных форматов различаются диапазоны ID.

## 3) Значение ID

Параметр активен при условиях “identifier” или “ID & data”. Можно задать значение ID в диапазоне: от 000 до 7FF (для стандартного формата), от 00000000 до 1FFFFFFF (для расширенного формата).

## 4) Направление передачи

Параметр активен, если условие триггера — “identifier”. Можно выбрать режимы: read, write, read or write

- a) Write: триггер срабатывает, если бит чтения/записи протокола CAN установлен в «write».
- b) Read: срабатывает, если бит установлен в «read».
- c) Read or Write: срабатывает при любом из этих двух состояний.

## 5) Длина байта

Параметр активен при условиях “data” или “ID & data”. Позволяет задать длину данных от 1 до 8 байт.

## 6) Данные

Позволяет задать конкретные данные для срабатывания триггера. Параметр активен при условиях “data” или “ID & data”. Диапазон значений — 00 ~ FFFFFFFFFFFFFFFF.

## 7) Настройки декодирования

Быстрый доступ к интерфейсу декодирования протокола CAN. Подробнее см. раздел “CAN Decoding”.

## 7.18 Триггер CAN-FD

Триггер с декодированием CAN-FD позволяет настраивать: условия срабатывания, тип связи (coupling), режим триггера, параметры настройки.

### 1) Условие срабатывания

Триггер CAN-FD может быть установлен на: начало кадра, кадр данных, удалённый кадр, кадр ошибки, перегрузку, идентификатор, данные, ID + данные, конец кадра, подтверждение потери и ошибку бита.

- a) Start Frame: осциллограф срабатывает при начале кадра протокола CAN-FD.

- b) Data Frame: срабатывает при совпадении кадра данных с сигналом CAN-FD.
- c) Remote Frame: срабатывает при появлении удалённого кадра.
- d) Error Frame: срабатывает при обнаружении кадра ошибки CAN-FD.
- e) Overload Frame: срабатывает при обнаружении кадра перегрузки.
- f) Identifier: срабатывает при совпадении идентификатора с заданным значением.
- g) Data: срабатывает, если данные, полученные по протоколу CAN-FD, совпадают с заданными пользователем. Эта функция помогает быстро находить передачу нужного участка данных.
- h) ID and Data: Осциллограф сработает, если кадр данных содержит указанный идентификатор (ID) и соответствующие данные.
- i) End of Frame (конец кадра): Триггер активируется в конце кадра сигнала CAN-FD.
- j) Loss Confirmed (подтверждение потери): Срабатывает при подтверждённой потере сигнала CAN-FD.
- k) Bit Stuff Error (ошибка заполнения бита): В сегментах, где используется битовое заполнение, осциллограф зафиксирует ошибку, если шесть последовательных бит имеют одинаковый уровень сигнала.

## 2) Формат кадра

Параметр активен, если условие триггера — “identifier” или “ID & data”. Можно выбрать: standard format (стандартный формат), extend format (расширенный формат), FD standard format, FD extend format. Разные форматы имеют разные диапазоны значений ID. Форматы “standard / extend” используются для обычного CAN, а “FD standard / FD extend” — для CAN-FD.

## 3) Значение ID

Параметр активен при условии “identifier” или “ID & data”. Можно задать диапазон ID: от 000 до 7FF (для стандартного формата), от 00000000 до 1FFFFFFF (для расширенного формата).

## 4) Данные

- a) Byte Length (длина данных): Задаёт длину данных для срабатывания триггера. Длина может быть от 1 до 16 байт, при этом диапазон данных зависит от длины.
- b) Data (данные): Задаёт сами данные для активации триггера. Диапазон — от 00 до FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF.
- c) Bias (смещение): Устанавливает смещение байтов для триггера по задержке. Может быть включено (on) или выключено (off). При включении появляется меню “byte bias”, где диапазон смещения — 0–63. При выключении это меню скрыто.

## 5) Настройки декодирования

Быстрый переход к интерфейсу декодирования протокола CAN-FD. Подробнее см. раздел “CAN-FD Decoding”.

## 7.19 Триггер LIN

Триггер с декодированием LIN позволяет настраивать: условия срабатывания, тип связи (coupling), режим триггера, параметры декодирования.

### 1) Условие срабатывания

Триггер LIN может быть установлен на: синхронизацию, идентификатор, данные, ID + данные, кадр пробуждения (wake-up frame), кадр сна (sleep frame) и кадр ошибки.

- a) Synchronization (синхронизация): Осциллограф срабатывает при обнаружении синхронизирующего сигнала.
- b) Identifier (идентификатор): Срабатывает при совпадении обнаруженного ID с заданным значением.

- c) Data (данные): Срабатывает, если данные, полученные по протоколу LIN, совпадают с заданными пользователем. Это помогает быстро находить нужные участки передачи.
- d) ID and Data (ID и данные): Срабатывает при совпадении ID и данных с заданными значениями.
- e) Wake-up Frame (кадр пробуждения): Срабатывает при обнаружении кадра пробуждения в сигнале.
- f) Sleep Frame (кадр сна): Срабатывает при появлении кадра сна в сигнале.
- g) Error Frame (кадр ошибки): Осциллограф срабатывает при обнаружении кадра ошибки в сигнале LIN, включая ошибку синхронизации, ошибку контрольного бита (ID parity error) и ошибку контрольной суммы (checksum error).

## 2) Значение ID

Параметр активен при условии триггера “identifier” или “ID & data”. Можно задать значение ID. Если проверка контрольного бита (ID parity check) включена (yes), диапазон ID — от 00 до FF. Если проверка контрольного бита выключена (no), диапазон ID — от 00 до 3F.

## 3) Длина данных

Параметр активен при условии триггера “data” или “ID & data”. Позволяет установить длину данных, по которым будет происходить срабатывание триггера. Разная длина данных имеет разные диапазоны значений. Диапазон длины — от 1 до 8 байт.

## 4) Данные

Позволяет задать конкретные данные, при которых сработает триггер. Параметр активен при условии “data” или “ID & data”. Диапазон значений — от 00 до FFFFFFFFFFFFFFFFFF

## 5) Тип ошибки

Параметр активен при условии триггера “error”. Можно задать тип ошибки:

- a) Synchronization: ошибка синхронизации;
- b) ID parity check: ошибка проверки контрольного бита ID;
- c) Checksum: ошибка проверки контрольной суммы.

## 6) Настройки декодирования

Быстрый доступ к интерфейсу декодирования протокола LIN. Подробнее см. раздел “LIN Decoding”.

## 7.20 Триггер FlexRay

Триггер с декодированием FlexRay позволяет настраивать: условия срабатывания, тип связи (coupling), режим триггера, параметры настройки.

### 1) Условие срабатывания

Триггер FlexRay может быть установлен на: начало кадра, бит-индикатор, идентификатор, номер цикла, поле заголовка, данные, ID + данные, конец кадра и ошибку.

- a) Start Frame (начало кадра): Осциллограф срабатывает в начале передачи кадра.
- b) Indicating Bit (бит-индикатор): Срабатывает, если выборка данных совпадает с заданным битом-индикатором.
- c) Identifier (идентификатор): Срабатывает, если выборка данных совпадает с заданным идентификатором.
- d) Cycle Number (номер цикла): Срабатывает, если номер цикла совпадает с заданным значением.

- e) Header Field (поле заголовка): Срабатывает, если заголовок кадра совпадает с заданным полем.
- f) Data (данные): Срабатывает, если данные, полученные по протоколу FlexRay, совпадают с заданными пользователем. Это помогает быстро находить нужные сигналы в процессе передачи.
- g) ID and Data (ID и данные): Срабатывает, если идентификатор и данные совпадают с установленными значениями.
- h) End of Frame (конец кадра): Срабатывает в конце кадра передачи.
- i) Error (ошибка): Срабатывает при обнаружении ошибки шины (bus error), включая ошибку CRC заголовка или ошибку конца кадра. Ошибки CRC, ошибки пустого статического кадра, ошибки пустого динамического кадра, ошибки синхронизации кадра и ошибки кадра запуска.

## 2) Indicating Bit (Бит-индикатор)

Установите бит-индикатор триггера протокола FlexRay, который может иметь одно из следующих значений: 01XX — сетевой (net load), 11XX — пустой (empty), 00XX — синхронизация (synchronization), XX10 — начало (start), XX11 — стартовый кадр (start frame).

## 3) ID

Параметр активен, если условие триггера — “identifier” или “ID and data”. Диапазон значений ID: от 000 до 7FF.

## 4) Cycle Number (Номер цикла)

Параметр активен, если условие триггера — “cycle number” или “header field”. Диапазон номеров цикла: от 00 до 3F.

## 5) Net Load Length (Длина полезной нагрузки)

Параметр активен, если условие триггера — “header field”. Диапазон длины полезной нагрузки: от 00 до 7F.

## 6) Header CRC (CRC заголовка)

Параметр активен, если условие триггера — “header field”. Диапазон значения CRC заголовка: от 000 до 7FF.

## 7) Данные

- a) Byte Length (Длина байта): Установите длину данных, при которой должен срабатывать триггер. Разные длины имеют разный диапазон данных. Диапазон: от 1 до 16 байт.
- b) Data (Данные): Установите пользовательские данные для триггера. Диапазон значений: от 00 до FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF.
- c) Biased Data (Смещённые данные): Позволяет задать смещённые байты данных для триггера. Можно включить (ON) или выключить (OFF) параметр.
  - При ON отображается меню “biased data”, диапазон смещения — от 0 до 253.
  - При OFF меню “biased data” скрывается.

## 8) Frame Type (Тип кадра)

Параметр активен, если условие триггера — “end of frame”. Кадр может быть трёх типов:

- a) Static frame (Статический кадр): триггер срабатывает в статическом кадре.
- b) Dynamic frame (Динамический кадр, DTS): триггер срабатывает в динамическом кадре.
- c) All frame (Все кадры): триггер срабатывает как в статических, так и в динамических кадрах.

## 9) Error Type (Тип ошибки)

Параметр активен, если условие триггера — “error”. Возможные типы ошибок включают:

- a) Header CRC: ошибка CRC заголовка.
- b) End of Frame CRC: ошибка CRC конца кадра.
- c) Empty Frame Static Error: ошибка пустого статического кадра.
- d) Empty Frame Dynamic Error: ошибка пустого динамического кадра.
- e) Synchronizing Frame Error: ошибка синхронизации кадра. Кадр FlexRay содержит специальный бит-индикатор в заголовке, указывающий, что данный кадр — синхронизирующий.
- f) Start Frame: Кадр FlexRay содержит специальный бит-индикатор в заголовке, указывающий, что данный кадр является кадром запуска (start frame).

## 7.21 Региональный триггер

Для сложных и нестабильных сигналов цепей при отладке осциллограф с высокой частотой захвата может легко фиксировать кратковременные случайные аномальные сигналы. Если пользователю необходимо отделить аномальные сигналы от сложных и изменчивых цепей и стабильно их фиксировать, иногда даже продвинутые типы триггеров не справляются с задачей полностью.

Осциллограф серии MSO/UPO2000 оснащён функцией сенсорного регионального триггера (touch regional trigger), что значительно облегчает использование продвинутых триггеров. Эта функция позволяет пользователю выделить одну или две прямоугольные области на экране (Region A и Region B), чтобы быстро отделить интересующую часть сигнала и наблюдать только её. Региональный триггер может работать совместно с базовым триггером, продвинутыми режимами и протокольными триггерами, а также поддерживает декодирование, запись формы сигнала и тест на прохождение/непрохождение (pass/fail test). Это делает его особенно удобным при отладке сложных сигналов.

Функция регионального триггера предоставляет две прямоугольные области: Region A и Region B. Обе области позволяют задать условия срабатывания — пересечение (intersection) или непересечение (non-intersection), а также выбрать источник сигнала (CH1, CH2, CH3, CH4).

### 1) Настройка областей

Можно задать параметры: Region A enable, Source A, Region B enable, Source B.

- a) Region A enable: Устанавливает, активна ли область Region A. Может быть ON или OFF. Если область активна и отображается на экране: ON — показать рамку области; OFF — скрыть рамку области.
- b) Source A: Устанавливает источник сигнала для области Region A — один из каналов CH1–CH4.
- c) Region B enable: Устанавливает, активна ли область Region B. Может быть ON или OFF. Если область активна и отображается на экране: ON — показать рамку области; OFF — скрыть рамку области.
- d) Source B: Устанавливает источник сигнала для области Region B — один из каналов CH1–CH4.

### 2) Настройка условий

Позволяет задать или отменить условия срабатывания: cancel, intersection, non-intersection.

- a) Cancel: Отменяет текущее условие и отключает срабатывание по нарисованной области.

- b) A: intersection (пересечение): Регион A используется как триггер. Условие: триггер сработает, если Region A пересекается с сигналом источника A. Если пересечения нет — триггер не сработает.
- c) A: non-intersection (непересечение): Регион A используется как триггер. Условие: триггер сработает, если Region A не пересекается с сигналом источника A. Если пересечение есть — триггер не сработает.
- d) B: intersection (пересечение) Текущая нарисованная область — Region B, используется как триггер. Условие: триггер сработает, если область B пересекается с формой сигнала источника B. Если пересечения нет — триггер не срабатывает.
- e) B: non-intersection (непересечение) Текущая нарисованная область — Region B, используется как триггер. Условие: триггер сработает, если область B не пересекается с формой сигнала источника B. Если пересечение есть — триггер не срабатывает.

Точка (dot) отображается в зоне пересечения, а диагональная линия (diagonal line) — в зоне непересечения. При нажатии на рамку регионального триггера на экране открывается меню настроек. Также можно с помощью касания перемещать рамку регионального триггера по горизонтали и вертикали, чтобы изменить масштаб времени (time base scale) и шкалу развертки (volts/div scale). Рамка регионального триггера автоматически сжимается или растягивается в зависимости от изменения масштаба. На рис. 7-11 показан экран без активного регионального триггера.

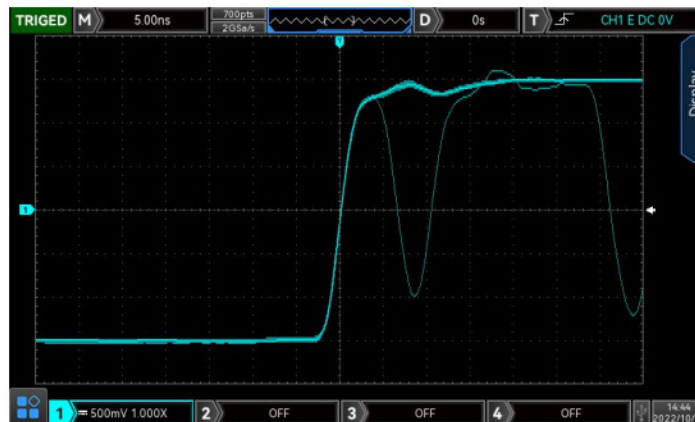


Рис. 7-11

Откройте региональный триггер в области аномального сигнала, как показано на рис. 7-12.

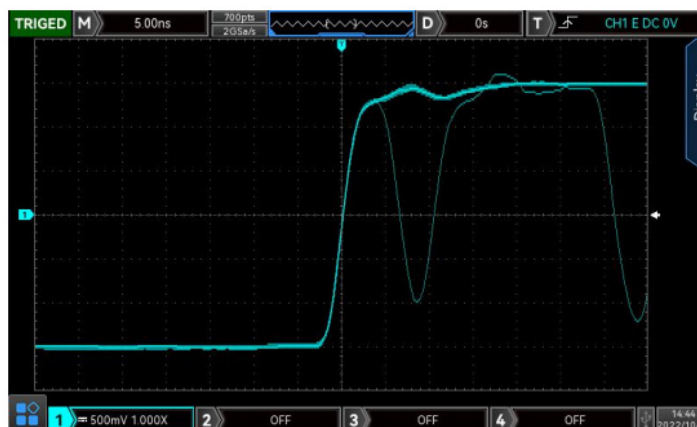


Рис. 7-12

**Примечание:** Если выбранная область уже существует, новая информация о триггере заменит данные предыдущей области, а старая рамка триггера будет автоматически закрыта.

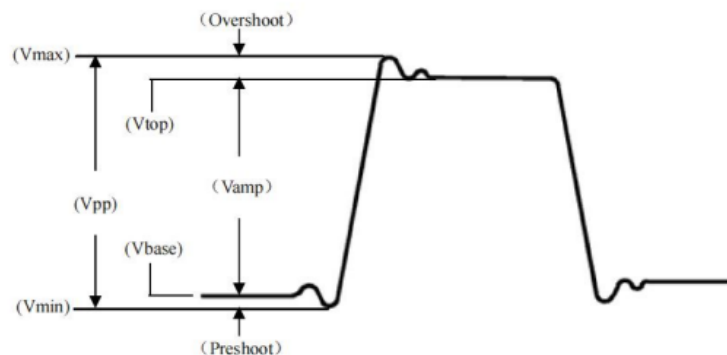
## 8. Автоматические измерения

- Измерение параметров (Parameter Measurement)
- Меню автоматических измерений (Automatic Measurement Menu)
- Измерение всех параметров (All Parameter Measurement)
- Пользовательские параметры (User-defined Parameter)

### 8.1 Измерение параметров

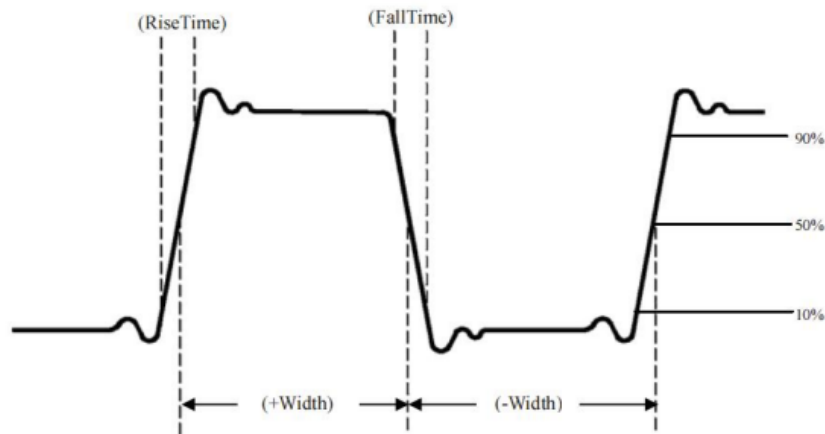
Осциллограф серии MSO/UPO2000 может автоматически измерять 36 типов параметров, включая параметры напряжения, времени и другие.

#### 1) Напряжение



- Max (макс.): напряжение от самой высокой точки формы сигнала до земли (GND).
- Min (мин.): напряжение от самой низкой точки формы сигнала до земли (GND).
- High (высокий уровень): напряжение от плоской верхней части сигнала до земли.
- Low (низкий уровень): напряжение от нижней части сигнала до земли.
- Middle (середина): половина суммы верхнего и нижнего уровней напряжения сигнала.
- Pk-Pk (пик-пик): размах сигнала — разница между самой высокой и самой низкой точкой волны.
- Amp (амплитуда): напряжение от верха до низа формы сигнала.
- Mean (среднее): среднее значение амплитуды формы сигнала, отображаемой на экране.
- CusMean: среднее значение амплитуды сигнала за один период.
- RMS: действующее значение. Энергия, создаваемая переменным сигналом, эквивалентна постоянному напряжению, создающему ту же мощность.
- CusRMS: энергия, создаваемая переменным сигналом за один период; соответствует постоянному напряжению, производящему ту же энергию.
- AC RMS: действующее значение переменного сигнала, из которого удалена постоянная составляющая.

## 2) Время



- Period (Период): время между двумя последовательными фронтами одной полярности у повторяющегося сигнала.
- Frequency (Частота): обратная величина периода.
- Rise time (Время нарастания): время, за которое амплитуда сигнала увеличивается от 10% до 90%.
- Fall time (Время спада): время, за которое амплитуда сигнала уменьшается от 90% до 10%.
- Rise delay (Задержка нарастания): время между фронтами нарастающей части основного и вторичного сигналов.
- Fall delay (Задержка спада): время между спадающими фронтами основного и вторичного сигналов.
- +Width: ширина положительного импульса на уровне 50 % амплитуды.
- -Width: ширина отрицательного импульса на уровне 50 % амплитуды.

## Межканальные временные интервалы:

- FRFR: время между первым фронтом нарастания сигнала источника 1 и первым фронтом нарастания источника 2.
- FRFF: время между первым фронтом нарастания источника 1 и первым фронтом спада источника 2.
- FFFR: время между первым фронтом спада источника 1 и первым фронтом нарастания источника 2.
- FFFF: время между первым фронтом спада источника 1 и первым фронтом спада источника 2.
- FRLF: время между первым фронтом нарастания источника 1 и последним фронтом спада источника 2.
- FRLR: время между первым фронтом нарастания источника 1 и последним фронтом нарастания источника 2.
- FFLL: время между последним фронтом спада источника 1 и последним фронтом нарастания источника 2.
- FFLL: время между последним фронтом спада источника 1 и последним фронтом спада источника 2.

## 3) Прочее

- +Duty: отношение длительности положительного импульса к периоду.
- –Duty: отношение длительности отрицательного импульса к периоду.
- OverSht (Overshoot): отношение разности между максимальным и верхним значениями сигнала к амплитуде.
- PreSht (Preshoot): отношение разности

**8.2 Меню автоматических измерений**

Нажмите кнопку MEASURE на передней панели, чтобы войти в меню автоматических измерений.

Меню автоматических измерений (Страница 1)

Функция	Настройка	Описание
Main Source (Основной источник)	CH1, CH2, CH3, CH4, MATH	Выберите любой из каналов CH1–CH4 или математический канал (MATH) для автоматического измерения параметров.
Slave Source (Второй источник)	CH1, CH2, CH3, CH4, MATH	Выберите второй источник сигнала, если требуется измерение между двумя каналами.
All Parameter (Все параметры)	OFF	Отключить отображение рамки всех измеряемых параметров.
	ON	Отображает рамку с данными всех параметров на области формы сигнала.
User-defined (Пользовательские параметры)		Интерфейс выбора пользовательских параметров появляется в области отображения сигнала. Поверните ручку Multipurpose, чтобы выбрать параметр, нажмите для подтверждения. Повторное нажатие клавиши закрывает окно выбора пользовательских параметров.
Measurement Statistical Analysis (Статистический анализ измерений)	OFF	Отключает функцию статистического анализа.
	Extremum	Автоматически вычисляет и отображает текущие пользовательские параметры: среднее значение, максимум и минимум. Активно только при включённом отображении пользовательских параметров на экране.
	Difference	Автоматически вычисляет и отображает текущие пользовательские параметры: среднее значение, стандартное отклонение и количество измерений. Активно только при включённом отображении пользовательских параметров.

## Меню автоматических измерений (Страница 2)

Функция	Настройка	Описание
Selection Indicator (Индикатор выбора)		Поверните ручку Multipurpose, чтобы выбрать параметр, для которого будет отображён индикатор.
Indicator (Индикатор)	Off	Отключает функцию индикатора.
	On	Отображает физический смысл выбранного параметра с помощью линии на экране.
Delete (Удалить)		Удаляет все пользовательские параметры.
Measurement Window (Окно измерения)	Площадь экрана	Вся площадь экрана
	Область курсора	Курсор - область горизонтального курсора времени. Пользователь может установить положение курсора в соответствии со своими потребностями. Также можно напрямую тестировать результаты в области курсора. <b>Примечание:</b> область курсора влияет на все результаты измерения параметров автоматического измерения, а измерение напряжения курсора недействительно.

### 8.3 Измерение всех параметров

Нажмите кнопку MEASURE, чтобы вызвать окно измерений и отобразить все параметры, как показано на рисунке 8-1.



Рис.8-1

Все параметры отображаются тем же цветом, что и текущий измеряемый канал (основной источник). Если отображается "—", это означает: текущий источник сигнала не имеет входного сигнала, либо результат измерения находится вне допустимого диапазона (слишком большой или слишком малый сигнал).

Функция измерения параметров также поддерживает частичное измерение при тестировании в режиме ROLL (покадровом режиме), как показано на следующем рисунке 8-2.



Рис.8-2

## 8.4 Пользовательские параметры

Нажмите кнопку MEASURE, чтобы открыть меню пользовательских параметров, как показано на рисунке 8-3.

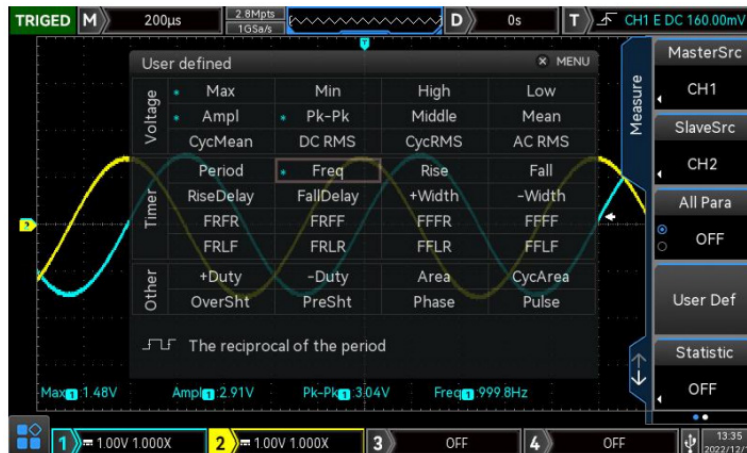


Рис.8-3

Поворачивайте ручку Multipurpose, чтобы выбрать нужный параметр, и нажмите ручку для подтверждения выбора. Для каждого выбранного параметра перед его названием появится символ «\*». Выбранные пользовательские параметры отображаются в нижней части экрана. Одновременно можно измерять до 5 параметров.

Пользователь может выбрать режим измерений: Difference (разница) — показывает различие между значениями выбранных параметров; Extremum (экстремум) — выполняет статистический анализ, отображая минимальные, максимальные и средние значения для пользовательских параметров.

## 9. Измерение с помощью курсора

Курсор можно использовать для измерения значений по оси X (время) и по оси Y (напряжение) выбранной формы сигнала. Нажмите кнопку CURSOR, чтобы открыть меню измерений курсором. Функция измерения курсором поддерживает тестирование нескольких каналов одновременно, а также измерение обратных (callback) сигналов. Можно задать источник и тип измерения.

1) Источник: задаёт источник для измерений курсором. Можно выбрать CH1–CH4, MATH или Ref A–Ref D.

2) Тип измерения: поддерживает три типа измерений — по времени, по напряжению и по экрану.

- Измерение по времени;
- Измерение по напряжению;
- Измерение по экрану.

### 9.1 Измерение по времени

Нажмите кнопку CURSOR, чтобы открыть меню измерений курсором, выберите тип и источник измерения времени, как показано на рисунке 9-1.

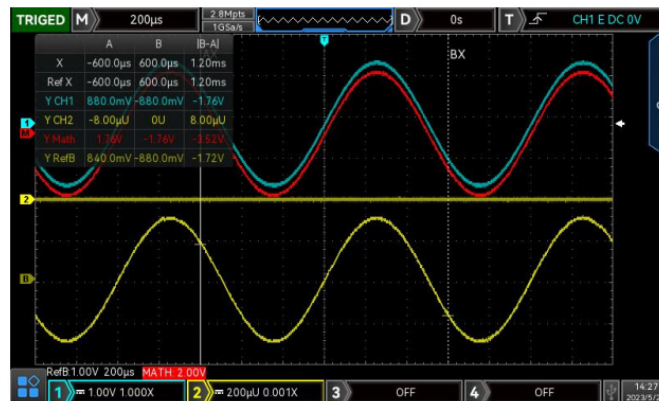


Рис.9-1

В верхнем левом углу экрана отображается окно измерений курсора: X — результат измерения времени для выбранного канала; Ref X — результат измерения времени для опорной формы сигнала; Y — результат измерения напряжения между выбранным каналом и пересечением курсора. Положение курсоров AX, BX по горизонтали можно регулировать многофункциональной ручкой для выполнения измерений по времени.

### 9.2 Измерение по напряжению

Метод настройки измерения по напряжению аналогичен измерению по времени. Измеряется напряжение значение каждого источника курсора можно изменить, изменяя вертикальное положение курсора. Нажмите клавишу CURSOR, чтобы открыть меню измерений курсором, выберите напряжение и источник для выполнения измерения по напряжению, как показано на рисунке 9-2.

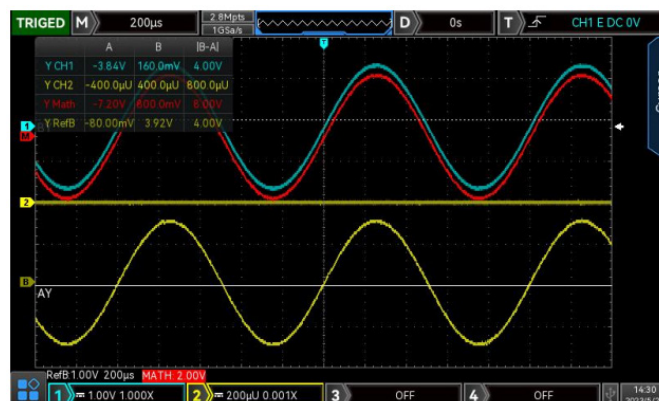


Рис.9-2

В верхнем левом углу экрана отображается информация о результатах измерения курсором: Y — результат измерения напряжения. Поворачивайте

многофункциональную ручку (Multipurpose knob), чтобы отрегулировать вертикальное положение курсоров AY и BY для выполнения измерения напряжения.

### 9.3 Измерение по экрану

Измерение по экрану позволяет одновременно устанавливать курсоры времени и напряжения и измерять время и напряжение. Нажмите клавишу CURSOR, чтобы открыть меню измерений курсором, выберите Screen (экран) и источник для выполнения измерения по экрану, как показано на рисунке 9-3.

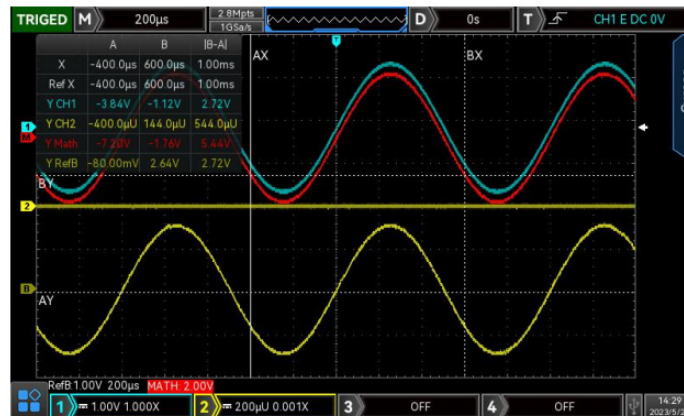


Рис.9-3

В верхнем левом углу дисплея отображается окно измерений курсора: X — результат измерения времени для выбранного канала, Ref X — результат измерения времени для опорной формы сигнала, Y — результат измерения напряжения. Курсоры AX, BX, AY, BY по вертикали можно регулировать с помощью многофункциональной ручки (Multipurpose knob) для выполнения измерений по времени и по напряжению.

## 10. Система выборки

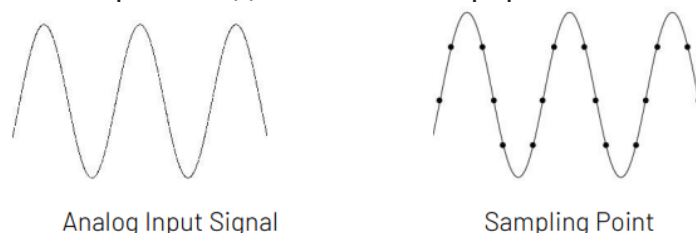
Выборка (sampling) — это процесс преобразования сигнала с аналогового входного канала в дискретные точки с помощью аналого-цифрового преобразователя (ADC). Нажмите клавишу ACQUIRE на передней панели, чтобы открыть меню настроек выборки.

- Частота выборки (Sampling Rate);
- Режим сбора данных (Acquisition Mode);
- Глубина памяти (Storage Depth).

### 10.1 Частота выборки

#### 1) Выборка и частота выборки

Выборка — это процесс, при котором осциллограф считывает входной аналоговый сигнал и преобразует его в цифровые данные. Полученные цифровые данные сохраняются в памяти выборки в виде записанной формы сигнала.



Частота выборки обозначает временной интервал между двумя точками выборки. Максимальная частота выборки осциллографов серии MSO/UPO2000 составляет 2 Гвыб/с (GS/s). Частота выборки зависит от установленного масштаба времени и глубины памяти. В осциллографах серии MSO/UPO2000 частота выборки отображается в реальном времени в строке состояния в верхней части экрана. Поворотом ручки SCALE можно изменить горизонтальную развертку (временную базу) или глубину памяти, чтобы скорректировать частоту выборки.

## 2) Влияние низкой частоты выборки

- a) Искажение формы сигнала (Waveform Distortion): Из-за низкой частоты выборки некоторые детали сигнала могут быть утеряны, и отображаемая форма сигнала может отличаться от реальной. (См. рисунок 10-1)

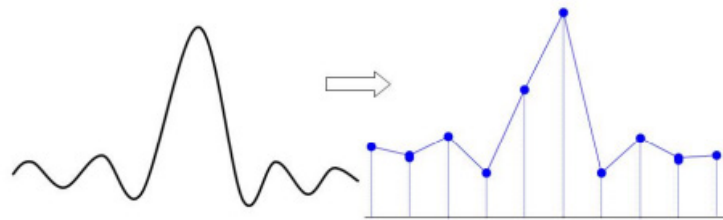


Рис. 10-1. Искажённая форма волны при недостаточной частоте выборки

- b) Смешение частот (Wave Mixing): Если частота выборки в 2 раза меньше, чем фактическая частота сигнала (частота Найквиста), частота восстановленного сигнала будет меньше реальной частоты сигнала. (См. рисунок 10-2)

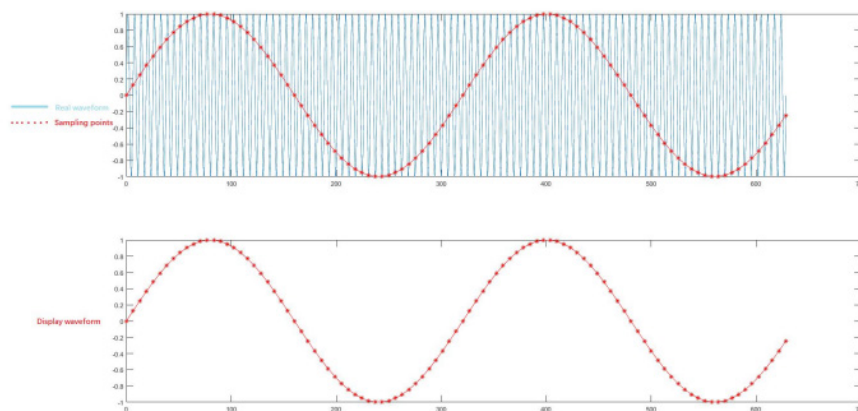


Рис. 10-2. Пример эффекта алиасинга: ложное снижение частоты

- c) Потеря элементов сигнала (Waveform Leakage): Из-за низкой частоты выборки восстановленная форма волны не отражает реальный сигнал. (См. рисунок 10-3)

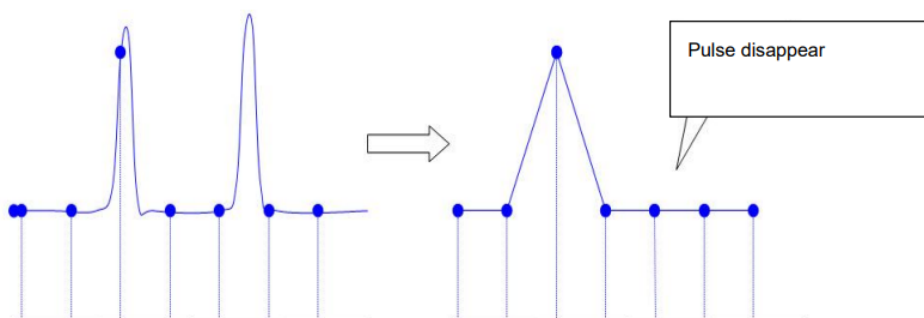


Рис. 10-3. Пример исчезновения импульсов при низкой частоте выборки; подпись: «Pulse disappear» — «Импульс исчез»

## 10.2 Режим сбора данных

Режим сбора данных используется для управления способом формирования формы сигнала из точек выборки. Нажмите клавишу ACQUIRE, чтобы переключить режим сбора данных.

### 1) Обычный режим

Сигнал считывается и восстанавливается с равными временными интервалами.

Для большинства форм сигналов этот режим обеспечивает оптимальное отображение.

### 2) Режим пиков

В каждом интервале выборки определяются максимальные и минимальные значения входного сигнала, и именно они используются для отображения формы сигнала.

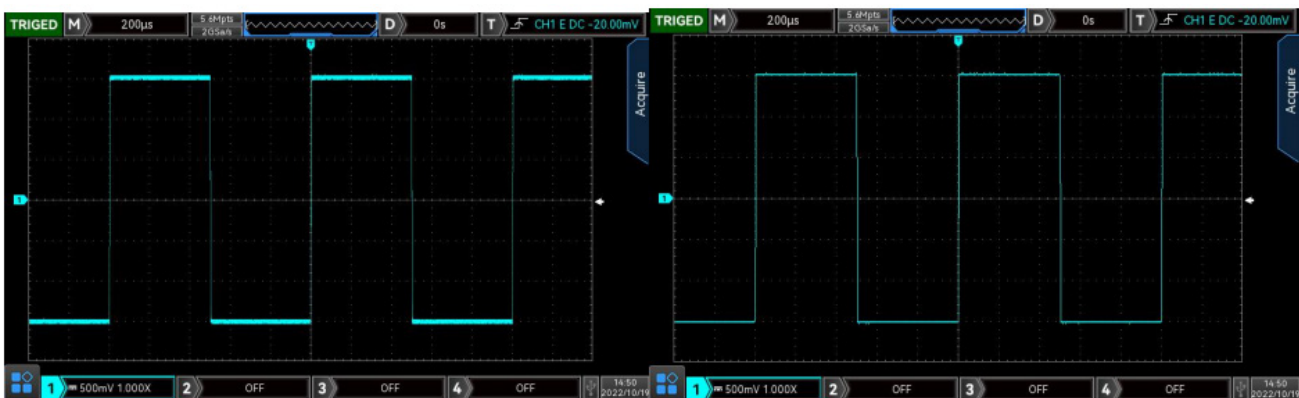
Осциллограф может фиксировать и отображать узкие импульсы, которые могли бы быть пропущены в обычном режиме. Однако в этом режиме может усиливаться шум.

### 3) Высокое разрешение

Осциллограф усредняет соседние точки выборки сигнала. Это позволяет уменьшить случайный шум входного сигнала и получить более плавную форму волны.

### 4) Усреднение

Осциллограф собирает несколько форм сигнала, вычисляет их среднее значение и отображает итоговую усреднённую форму волны. Этот метод позволяет уменьшить случайные шумы. Изменяя настройки режима сбора, можно наблюдать, как изменяется форма сигнала. Если сигнал содержит сильные шумы, то при отключённом режиме усреднения и при включённом режиме усреднения (32-кратное усреднение) форма сигнала будет выглядеть, как показано ниже.



Форма волны без усреднения

Форма волны при 32-кратном усреднении

**Примечание:** Режимы Average и High Resolution используют разные методы усреднения: первый основан на многократной выборке (многочисленные выборки), второй — на усреднении в пределах одной выборки (однократная выборка).

## 10.3 Глубина памяти

Глубина памяти — это количество данных формы сигнала, которое может быть сохранено в осциллографе во время одного цикла срабатывания триггера. Глубина памяти отражает объём хранения данных в процессе сбора.

Связь между глубиной памяти, частотой выборки и длиной формы сигнала определяется формулой: Глубина памяти = частота выборки × горизонтальная временная база × количество делений по горизонтали

Для серии MSO/UPO2000 максимальная глубина памяти составляет 56 Мточек (на канал). В меню ACQUIRE пользователь может выбрать глубину памяти: Auto, 700,

7K, 70K, 700K, 7M, 14M, 28M, 56M. По умолчанию установлено значение Auto.

## 11. Система отображения

### 11.1 Отображение формы сигнала

В меню DISPLAY можно настроить тип отображения формы сигнала, тип сетки, яркость сетки, яркость формы волны, яркость подсветки, яркость фона, время послесвечения, цветовую температуру, антицветовую температуру, прозрачность всплывающих окон и стандартную прозрачность.

#### 1) Тип отображения

- Vector (векторный) — обеспечивает наиболее реалистичное отображение формы сигнала в большинстве случаев и упрощает наблюдение резких переходов (например, прямоугольных импульсов).
- Point (точечный) — отображает непосредственно точки выборки.

#### 2) Тип сетки (Grid Type)

Тип сетки можно выбрать в меню DISPLAY. Доступные варианты: полное отображение, сетка, перекрестие и рамка.

#### 3) Яркость сетки (Grid Brightness)

Яркость сетки регулируется в меню DISPLAY поворотом многофункциональной ручки, диском Jag dial или с помощью полосы прокрутки. Значение по умолчанию — 50%.

#### 4) Яркость формы волны (Waveform Brightness)

Настраивается аналогично яркости сетки — в меню DISPLAY с помощью ручки, диска или полосы прокрутки. Значение по умолчанию — 50%.

#### 5) Яркость подсветки (Backlight Brightness)

Регулируется в меню DISPLAY теми же способами. Значение по умолчанию — 50%.

#### 6) Время послесвечения (Persistence Time)

Настраивается в меню DISPLAY. Можно установить одно из значений: 50 мс, 100 мс, 200 мс, 500 мс, 1 с, 2 с, 5 с, 10 с, 20 с или бесконечное послесвечение (infinite afterglow). Значение по умолчанию — минимальное.

#### 7) Цветовая температура (Color Temperature)

При включении цветовой температуры в меню DISPLAY можно наглядно отразить вероятность появления определённых форм сигналов. Форма сигнала с высокой частотой отображается тёплым цветом, а форма сигнала с низкой частотой — холодным цветом.

#### 8) Обратная цветовая температура (Anti-color Temperature)

В меню DISPLAY можно включить настройку цветовой температуры. Параметр anti-color temperature противоположен обычной цветовой температуре.

#### 9) Прозрачность всплывающих окон (Transparency of Pop-out Dialog)

Позволяет задать степень прозрачности всплывающих окон: значение может устанавливаться от 20% до 100%, где 100% означает полную непрозрачность.

#### 10) Прозрачность по умолчанию (Default Transparency)

Возвращает прозрачность всплывающих окон к значению по умолчанию. Стандартное значение — 85%.

## 12. Хранение и вызов данных

Функция хранения позволяет сохранять настройки осциллографа, формы сигналов и изображения экрана во внутреннюю память осциллографа или на внешний USB-накопитель, а также загружать сохранённые настройки или сигналы в любое время. Нажмите клавишу STORAGE, чтобы открыть меню настроек функций хранения.

**Примечание:** внешние USB-накопители поддерживаются только в формате FAT32, формат NTFS не поддерживается.

Поддерживаемые функции:

- Настройка сохранения и загрузки (Storage and Load Setting)
- Сохранение и загрузка форм сигналов (Waveform Storage and Load)
- Снимок экрана (Print Screen)
- Сохранение и загрузка произвольных сигналов (Arbitrary Waveform Storage and Loading)
- Сохранение изображений (Picture Storage)
- Путь сохранения (Saved Path)

### 12.1 Настройка сохранения и загрузки

Таблица 12-1. Настройка меню хранилища

Меню функции	Параметр	Описание
Type	Setting	
Disk	Local	При нажатии клавиши Save настройки сохраняются во внутренней памяти осциллографа.
	USB	При нажатии клавиши Save настройки сохраняются на внешний USB-накопитель.
Filename		Нажмите виртуальную клавишу Filename, чтобы вызвать экранную клавиатуру. Можно использовать сенсорный экран или многофункциональную ручку для выбора букв и цифр. Имя файла по умолчанию — UNIT001. Максимальная длина имени — 79 символов.
Save		Выполните сохранение параметров. Файл сохраняется в формате .set в указанное место хранения.
Load		Загрузка ранее сохранённых настроек из выбранной области памяти. Возвращает осциллограф к состоянию, в котором были сохранены эти настройки.

### 12.2 Сохранение и загрузка форм сигналов

Таблица 12-2. Меню хранения форм сигналов

Меню функции	Параметр	Описание
Type	Waveform	
Source	CH1, CH2, CH3, CH4	Укажите, с какого канала сохранять форму сигнала.

Disk	Lock	При нажатии клавиши Save форма сигнала сохраняется во внутренней памяти осциллографа.
	USB	При нажатии Save форма сигнала сохраняется на внешний USB-накопитель.
	USB CSV	При нажатии Save форма сигнала сохраняется на внешний USB-накопитель в формате .csv, который можно открыть в Excel.
Filename		Нажмите виртуальную клавишу Filename, чтобы вызвать экранную клавиатуру. Можно использовать сенсорный экран или многофункциональную ручку для выбора букв и цифр. Имя файла по умолчанию — UNIT001. Максимальная длина имени — 79 символов.
Save		Выполните сохранение формы сигнала. Файл сохраняется в формате .dat в указанное место хранения.

После сохранения формы сигнала пользователь может нажать клавишу REF на панели VERTICAL, чтобы загрузить сохранённую форму. Нажмите REF, чтобы открыть меню загрузки опорных (reference) форм сигналов, как показано ниже.

Таблица 12-3. Меню загрузки опорных сигналов

Меню функции	Параметр	Описание
Reference	Ref-A, Ref-B, Ref-C, Ref-D	Выберите один из четырёх доступных опорных каналов для загрузки формы сигнала.
Disk	Local	Нажмите REF, чтобы загрузить форму сигнала из внутренней памяти осциллографа.
	USB	Нажмите REF, чтобы загрузить форму сигнала с внешнего USB-накопителя.
Load		Нажмите REF, чтобы открыть окно выбора файла и выберите нужный файл при помощи многофункциональной ручки.
Delete		Удаляет текущую загруженную опорную форму сигнала.

Опорная форма сигнала (callback REF waveform) показана на рисунке 12-1.

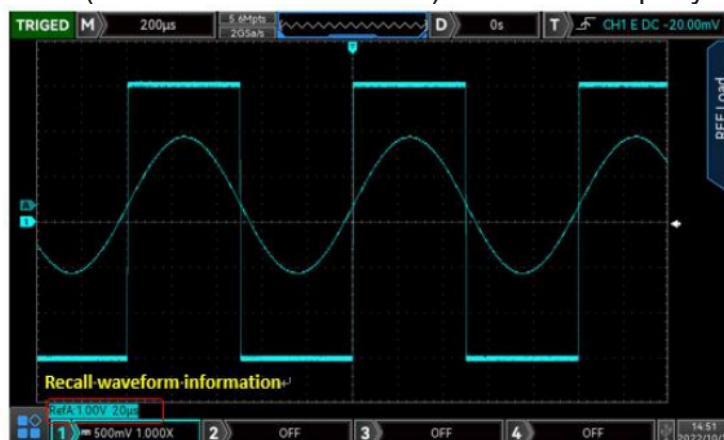


Рис. 12-1

После вызова (callback) статус опорной формы сигнала (Ref waveform) отображается в нижнем левом углу экрана — включая шкалу времени (time base) и шкалу амплитуды (amplitude scale). Пользователь может использовать ручки VERTICAL и HORIZONTAL для регулировки положения опорной формы сигнала на экране, а также масштаба по времени и амплитуде.

**Примечание:** При подключении осциллографа к внешнему USB-накопителю можно выбрать диск USB и сохранить настройки на USB-устройство. Если накопитель не подключён, появится сообщение: «Detect USB device is failed» (Не удалось обнаружить USB-устройство).

### 12.3 Снимок экрана

Кнопка PrtSc используется для сохранения текущего изображения экрана в формате PNG на внешний USB-накопитель. Сохранённый файл можно открыть на компьютере. Эта функция работает только при подключенном внешнем USB-устройстве.

### 12.4 Сохранение и загрузка произвольных форм сигналов

Таблица 12-4. Меню произвольных форм сигналов

Меню функции	Параметр	Описание
Type	Arbitrary Waveform	
Source	CH1, CH2, CH3, CH4	Укажите, с какого канала сохранять форму сигнала.
Disk	Local	При нажатии Save произвольная форма сигнала сохраняется во внутренней памяти осциллографа.
	USB	При нажатии Save форма сигнала сохраняется на внешний USB-накопитель.
Filename		Нажмите виртуальную клавишу Filename, чтобы вызвать экранную клавиатуру. Можно использовать сенсорный экран или многофункциональную ручку для выбора букв и цифр. Имя файла по умолчанию — UNIT001. Максимальная длина имени — 79 символов.
Save		Выполните сохранение, файл будет записан в формате .bsv в указанное место хранения.
Time Cursor		Установите диапазон времени произвольной формы сигнала. Можно регулировать с помощью многофункциональной ручки.
AWG CHA Output	AWG	Непосредственно выводит выбранную форму сигнала с экрана на выход CHA/CHB генератора произвольных сигналов (AWG) с именем файла "Arb.csv". Сам файл формы сигнала не сохраняется.
AWG CHB Output	AWG	

После сохранения произвольной формы сигнала используйте функцию AWG для её загрузки. Подробнее см. раздел «Выбор произвольной формы сигнала (Select arbitrary waveform)».

## 12.5 Сохранение изображений

Таблица 12-5. Меню сохранения изображений

Меню функции	Параметр	Описание
Type	Picture	
Format	Original picture	Скриншот осциллографа сохраняется в цвете, как отображается на экране прибора.
	Save ink	Скриншот сохраняется с преобразованием тёмного фона в светлый для экономии чернил при печати.
	Grayscale	Скриншот сохраняется в оттенках серого.
	Save ink & grayscale	Скриншот сохраняется с преобразованием тёмного фона в светлый и в оттенках серого.
Filename		Нажмите виртуальную клавишу Filename, чтобы вызвать экранную клавиатуру. Используйте сенсорный экран или многофункциональную ручку для выбора букв и цифр. Имя файла по умолчанию — UNIT001. Максимальная длина имени — 79 символов.
Save		Нажмите клавишу Save, чтобы сохранить текущий снимок экрана в формате .png на внешний USB-накопитель.

## 12.6 Просмотр изображений

Таблица 12-6. Меню предпросмотра изображений

Меню функции	Параметр	Описание
Type	Preview picture	
Preview		Нажмите клавишу Preview, чтобы открыть страницу предпросмотра изображений. Поворачивая многофункциональную ручку, можно изменить порядок отображения сохранённых изображений на USB-накопителе и просмотреть их на экране прибора. Изображение отображается сверху. Нажатие любой другой функциональной клавиши автоматически закрывает режим предпросмотра.
Esc		Отключает отображение предпросмотра изображения.

## 12.7 Путь сохранения

После сохранения файла или изображения на USB-накопителе в корневом каталоге устройства автоматически создаётся папка UNIT. Внутри этой папки система автоматически создаёт вложенные каталоги в зависимости от типов файлов. Сохранённые файлы помещаются в соответствующие папки. Система автоматически классифицирует файлы по типам и сохраняет их в папки, предназначенные для этих типов данных.

## 13. Вспомогательные функции

Нажмите клавишу UTILITY, чтобы войти в меню настроек вспомогательных функций.

Доступные функции:

- System Function — системные функции
- Recording Waveform — запись формы сигнала
- Pass/Fail Test — тест на соответствие (прохождение/непрохождение)
- System Update — обновление системы
- Bode Diagram — построение диаграммы Боде
- Web Access — доступ к сети

### 13.1 Системные функции

#### 1) Автоматическая калибровка

Автоматическая калибровка позволяет осциллографу работать с оптимальной точностью и получать наиболее точные результаты измерений. Калибровка делится на два типа: калибровка аналоговых каналов; калибровка логического анализатора (LA calibration). Эта функция может выполняться в любое время, особенно при изменении или превышении диапазона рабочей температуры окружающей среды на 5 °С. Перед выполнением автоматической калибровки убедитесь, что осциллограф работает не менее 20 минут.

- а) Калибровка аналоговых каналов: выполняется только для аналоговых каналов, время калибровки — около 3–5 минут.
- б) Калибровка логического анализатора (LA): выполняется только для цифровых каналов, время калибровки — около 3–5 минут.

#### 2) Информация о системе

В разделе System Information можно просмотреть системные сведения об осциллографе, включая: модель, серийный номер (SN), версии программного и аппаратного обеспечения, версию FPGA, производителя и QR-код сайта.

#### 3) Язык

Раздел Language позволяет выбрать язык интерфейса: английский, упрощённый китайский, традиционный китайский или немецкий. По умолчанию установлен текущий язык интерфейса.

#### 4) Настройки интерфейса

В меню Interface можно задать время отображения меню и прозрачность всплывающих окон. Время отображения меню может быть установлено на 5 с, 10 с, 20 с или вручную (manual). Настройка по умолчанию — manual.

#### 5) Выход прямоугольного сигнала

Параметр Square Output позволяет задать частоту выходного локального прямоугольного сигнала. Доступные значения: 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц. Значение по умолчанию — 1 кГц.

#### 6) Частотомер

Параметр Frequency Meter позволяет включать и выключать частотомер. Источник сигнала можно выбрать среди CH1–CH4 или триггера. Когда частотомер включён, информация о частоте и источнике отображается в окне Freq в верхней части экрана. Когда частотомер выключен, это окно исчезает. Частотомер подсчитывает частоту событий триггера в выбранном канале и отображается как 7-разрядный аппаратный частотомер.

### 7) Выбор сигнала AUX OUT

Параметр Output Selection задаёт, какой сигнал выводится через порт AUX OUT.

Можно выбрать: Trigger — синхронизирующий сигнал триггера; Pass/Fail Test — сигнал результата теста «проход/непроход». По умолчанию установлено значение Trigger.

### 8) Автоматическая установка

Параметр Auto позволяет выбрать режим Hold (удержание настроек) или Auto (автоматическая настройка). Hold — сохраняет все текущие настройки перед включением AUTO. Auto — автоматически настраивает каналы, выборку, триггер и активный канал. Подробности:

- a) Настройки канала: сохраняются ограничения полосы пропускания и инверсии фазы; восстанавливается связь по земле и шкала V/div.
- b) Настройки выборки: сохраняется режим выборки и усреднения, восстанавливается глубина памяти.
- c) Настройки триггера: сохраняются источник и режим связи триггера; все остальные параметры возвращаются к edge trigger, automatic, rising edge (триггер по фронту, автоматический режим, фронт вверх).
- d) Настройки сигнала: сохраняется состояние канала.

### 9) Очистка данных

Параметр Clear удаляет сохранённые формы сигналов и файлы настроек, находящиеся в памяти осциллографа.

### 10) Порт SCPI

Настройка порта SCPI позволяет использовать интерфейсы USB и UART. Параметр по умолчанию — USB.

### 11) Настройки интернета

Если устройство подключено к сети Интернет, можно задать параметры IP, маску подсети (subnet mask) и шлюз (gateway) для осциллографа.

- a) Режим (Mode): Переключает режим получения IP-адреса — автоматический или ручной.  
Manual: вручную задаются IP-адрес, маска подсети и шлюз.  
Auto: используется только для проверки текущих настроек IP, маски и шлюза.
- b) IP Address: Формат адреса — nnn.nnn.nnn.nnn. Первый диапазон nnn — от 1 до 233, второй — от 0 до 255. Рекомендуется уточнить у системного администратора корректные значения для используемой сети.
- c) Subnet Mask: Формат маски — nnn.nnn.nnn.nnn, диапазон каждого nnn — от 0 до 255. Рекомендуется уточнить у сетевого администратора доступные параметры маски подсети.
- d) Gateway: Формат — nnn.nnn.nnn.nnn, диапазоны аналогичны: первый от 1 до 233, второй от 0 до 255. Рекомендуется уточнить у сетевого администратора допустимые значения.

### 12) Очистка данных

Параметр RTC позволяет установить системное время осциллографа. Можно задать год, месяц, день, час и секунды. Выбор поля для редактирования выполняется кнопкой. После завершения настройки на экране отображается установленное время.

**Примечание:** Если осциллограф синхронизируется с интернет-временем, ручная корректировка не применяется.

### 13) Загрузка при включении

Параметр Boot Loading определяет, какие настройки загружаются при запуске

осциллографа — последние сохранённые или заводские.

- Last setting: загружает все настройки, действовавшие перед последним выключением.
- Default setting: сбрасывает осциллограф к заводским настройкам при каждом включении.

#### 14) Настройки интернета

Позволяет выбрать, как осциллограф будет включаться: всегда выключен, всегда включен или в последнем состоянии.

- Always off: после включения питания на задней панели необходимо вручную нажать клавишу Power на передней панели.
- Always on: при включении питания на задней панели осциллограф автоматически включается.
- Last status: при включении питания осциллограф загружается в том же состоянии, в каком был при последнем выключении. Если он был выключен кнопкой Power, нужно снова нажать её для включения; если был выключен напрямую (без кнопки), осциллограф включится автоматически.

#### 15) Функция опций

Раздел Option Function предназначен для активации дополнительных функций осциллографа. Можно активировать отдельную опцию (см. рисунок 13-1) или все сразу (см. рисунок 13-2). Все опции предоставляются с бесплатным пробным периодом 145 часов, как показано на рисунке 13-1. После окончания пробного периода для продолжения использования необходимо приобрести лицензию. Для активации опции выберите нужную функцию, получите соответствующий лицензионный файл, сохраните его на USB-накопитель и вставьте USB в прибор. Осциллограф MSO/UPO2000 поддерживает следующие опции: UART, I<sup>2</sup>C, SPI, CAN, CAN\_FD, LIN, FlexRay, Bode Diagram и LA (логический анализатор).



Рис. 13-1. Пример неактивных опций

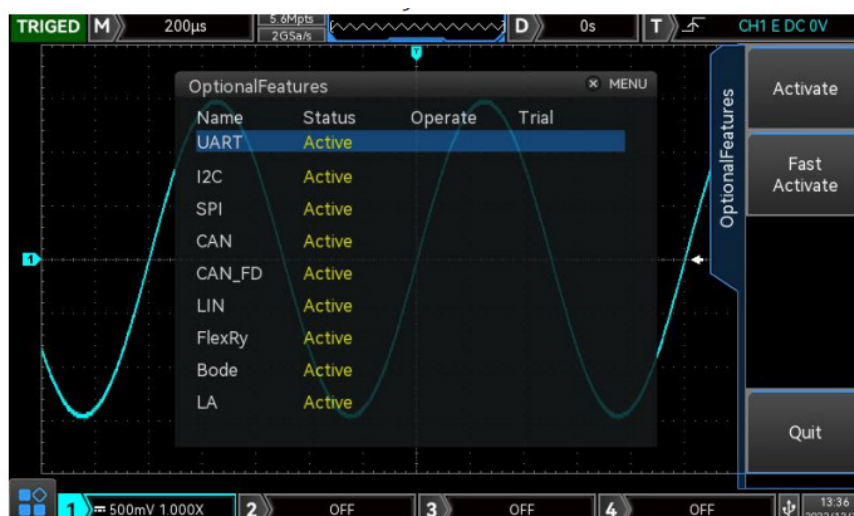


Рис. 13-2. Все опции активированы

### 13.2 Запись формы сигнала

Функция Recording Waveform позволяет записывать форму сигнала. Включает параметры: настройку записи (REC SET), запуск (record), остановку (stop) и отображение (display).

#### 1) Настройка записи

Позволяет задать параметры записи формы сигнала, включая: интервал записи, количество кадров (end of frame) и другие настройки.

- a) Интервал записи (Recording interval): установите временной интервал между каждым кадром записи формы сигнала.
- b) Конец кадра (End of frame): запись формы сигнала автоматически остановится, когда достигнет конца кадра.
- c) Задержка воспроизведения (Playback delay): установите временной интервал между кадрами при воспроизведении формы сигнала.

#### 2) Запись

Начните запись, нажав кнопку записи, чтобы начать процесс напрямую.

#### 3) Остановка

Остановите запись формы сигнала, нажав кнопку остановки.

#### 4) Воспроизведение

Начните воспроизведение записанной формы сигнала, нажав кнопку воспроизведения. Во время воспроизведения можно нажать кнопку паузы, чтобы приостановить. С помощью многофункционального энкодера (вращающегося переключателя или цифровой клавиатуры) можно перейти к определённому кадру.

#### 5) Быстрая запись (Quick Record)

Быстрая запись — это непрерывная запись формы сигнала для улучшения скорости захвата. В этом режиме форма сигнала не отображается на экране. Записанную форму сигнала можно воспроизвести только после завершения записи. Режим быстрой записи можно включить или выключить.

#### 6) Сохранение записанного содержимого

Таблица 13-1. Хранение записей

Меню функции	Параметр	Описание
Type	Waveform	Сохранить записанную форму сигнала на USB-накопитель. Открывайте и воспроизводите запись в программном обеспечении анализа на компьютере.
	Picture	Сохранить записанную форму сигнала в виде изображения на USB-накопитель. Открывайте и просматривайте в программном обеспечении анализа на компьютере.
Disk	USB	Нажмите клавишу сохранения — настройки сохранятся на внешнем USB-накопителе.
Filename		Нажмите клавишу задания имени файла, чтобы вызвать виртуальную клавиатуру. Используйте сенсорный экран или многофункциональный энкодер для выбора букв и цифр. Имя файла по умолчанию — UNIT001. Поворотом энкодера можно изменить имя файла; максимальная длина — 79 символов.
Save		Нажмите клавишу сохранения, чтобы записать данные в выбранное место хранения.

**Примечание:** Каждый сохранённый кадр связан с задержкой воспроизведения при сохранении записанного изображения. Максимальное количество сохраняемых изображений — 10 000.

### 13.3 Тест «Прошёл / Не прошёл»

Функция Pass/Fail позволяет задать шаблон и условия проверки для выполнения теста «Прошёл / Не прошёл». Можно настроить: разрешение на проведение теста, выходной сигнал, источник данных, шаблон и параметры остановки.

Функция Pass/Fail использует шаблон для определения, находится ли входной сигнал в пределах установленных требований. Если входной сигнал выходит за пределы диапазона шаблона, результат считается «не прошёл» (Fail).

#### 1) Разрешение на проведение теста (Allow to test)

Эта настройка определяет, выполнять тест или нет.

- ON (Вкл.) — активирует и выполняет тест.
- OFF (Выкл.) — тест не выполняется.

#### 2) Выходной сигнал (Output)

Позволяет задать, какой сигнал будет выводиться через порт AUX OUT — Pass или Fail.

- Fail: установить порт AUX OUT (на задней панели осциллографа) для вывода импульса, если результат теста — Fail, и сопровождать это звуковым сигналом.
- Pass: установить порт AUX OUT для вывода импульса, если результат теста — Pass, также со звуковым сигналом.

**Примечание:** Для вывода через AUX OUT необходимо установить режим Pass Test.

#### 3) Отображение информации (Display Information)

Результаты теста отображаются в правом верхнем углу экрана, как показано на рисунке ниже.

- Pass Wfs: количество кадров, успешно прошедших тест.
- Total Wfs: общее количество протестированных кадров.

- Fail Wfs: количество кадров, не прошедших тест.

#### 4) Настройка условий остановки (Stop Setting)

Позволяет задать условия завершения теста — например, при достижении определённого количества успешных или неуспешных проверок

Таблица 13-2. Настройка условий

Меню функции	Параметр	Описание
Stop Type	Pass Count	Тест автоматически останавливается, когда достигается заданное количество успешных проверок.
	Fail Count	Тест автоматически останавливается, когда достигается заданное количество неуспешных проверок.
Condition	>=, <=	Устанавливает условие остановки.
Threshold		Поворотом многофункциональной ручки задаётся пороговое значение остановки. Значение по умолчанию — 1.

#### 5) Настройка шаблона (Template Setting)

Раздел Template Setting используется для создания шаблона теста Pass/Fail. Канал CH1 используется в качестве эталонного сигнала по умолчанию. Если сигнал находится в пределах шаблона, результат считается успешным (Pass). Если сигнал выходит за границы шаблона, результат — Fail.

Таблица 13-3. Настройка шаблона

Меню функции	Параметр	Описание
Reference Waveform	CH1, CH2, CH3, CH4, Local REF, USB REF	Задаёт канал для эталонной формы сигнала. Устанавливает горизонтальное и вертикальное смещение для создания шаблона.
Horizontal Tolerance	от 1 до 100	Поворотом многофункциональной ручки задаётся диапазон горизонтального допуска. Значение по умолчанию — 5.
Vertical Tolerance	от 1 до 100	Поворотом многофункциональной ручки задаётся диапазон вертикального допуска. Значение по умолчанию — 5.
REF Loading		Загружает опорную форму сигнала для создания шаблона.

#### 6) Выполнение теста (Operating)

После завершения всех настроек нажмите клавишу запуска, чтобы начать выполнение теста Pass/Fail.

### 13.4 Обновление системы

Эта серия осциллографов поддерживает обновление программного обеспечения через USB. Метод удобен и гибок в использовании. Существует два способа обновления:

- Метод 1: осциллограф автоматически определяет USB-накопитель после включения.
- Метод 2: через меню Utility → Update, где вручную выбирается файл обновления.

Подробные шаги приведены ниже.

**Метод 1**

- 1) Нажмите клавишу UTILITY, чтобы войти в меню вспомогательных функций, затем выберите пункт System и проверьте информацию о модели, версии программного и аппаратного обеспечения.
- 2) Скачайте файл обновления с официального сайта UNI-T или запросите его у дистрибьютора UNI-T. Файл обновления должен соответствовать модели и аппаратной версии прибора, а версия программного обеспечения должна быть новее текущей. Сохраните файл обновления в корневом каталоге USB-накопителя.
- 3) Прибор должен быть выключен. Вставьте USB и включите осциллограф. После входа в интерфейс обновления нажмите F1, чтобы подтвердить запуск обновления.
- 4) Процесс обновления занимает около 5 минут. После завершения выключите прибор и извлеките USB.
- 5) Включите прибор снова и проверьте версию системы. Если она соответствует новой версии, обновление прошло успешно.

**Метод 2**

- 1) Нажмите UTILITY, чтобы открыть меню вспомогательных функций, и выберите пункт System, чтобы просмотреть информацию о модели, версиях ПО и оборудования.
- 2) Скачайте файл обновления с официального сайта UNI-T или получите его у официального дистрибьютора. Файл должен соответствовать модели и аппаратной версии прибора, а версия программного обеспечения должна быть новее. Сохраните файл в корневом каталоге USB-накопителя.
- 3) Включите осциллограф и вставьте USB в порт устройства. Нажмите Utility → Upgrade, чтобы обнаружить файл обновления.
- 4) Выберите файл обновления и подтвердите обновление.
- 5) После завершения обновления перезагрузите осциллограф для завершения процедуры.

**Примечание:** Убедитесь, что питание осциллографа не отключается во время всего процесса обновления, чтобы избежать ошибки перезагрузки из-за неполного обновления системы.

**13.5 Диаграмма Боде**

Функция Bode Diagram используется для построения амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристик устройства под тестированием (DUT). Пример показан на рисунке 13-3. Во время сканирования осциллограф конфигурирует генератор функций (или генератор произвольных сигналов), подключает его к DUT, а затем сравнивает входной сигнал DUT с выходным сигналом DUT.

Для каждой частоты измеряются усиление (G) и фаза (φ), после чего строится диаграмма Боде. После завершения анализа пользователь может перемещать курсор по диаграмме, чтобы проверить значения усиления и фазы на каждой частоте. Также доступны настройки масштаба графика и смещения по амплитуде и фазе.



- Чем их больше, тем выше разрешение сканирования. Диапазон — от 1 до 1000.
- d) Amplitude mode (Режим амплитуды): Устанавливает амплитуду тестового сигнала. Может быть фиксированной или переменной.
- e) Amplitude setting (Настройка амплитуды): В режиме фиксированной амплитуды задается одно значение. В режиме переменной амплитуды можно устанавливать разные значения амплитуды для различных частот. Диапазон — от 10 мВ до 3 В.
- f) DC displacement (Смещение постоянного тока): Устанавливает смещение тестового сигнала. Диапазон — от -1 В до +1 В.
- g) Source impedance (Входное сопротивление источника): Определяет нагрузку источника — 50 Ом или высокое сопротивление (High Resistance).

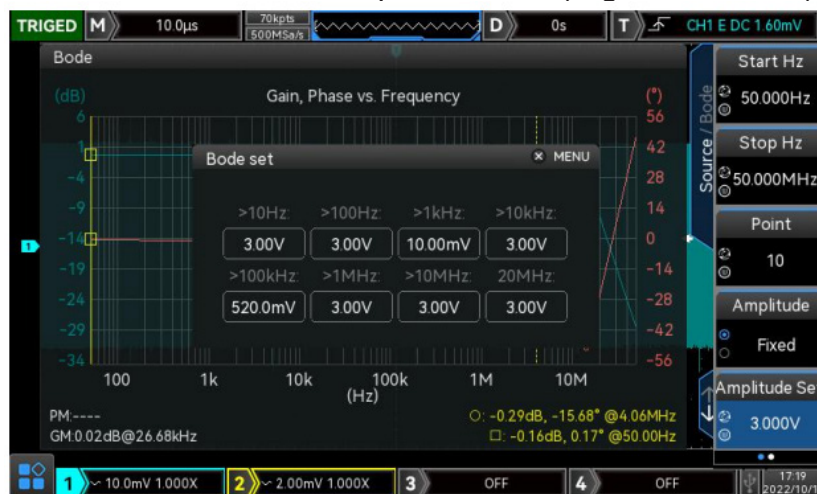


Рис. 13-4. Пример меню настройки параметров Bode Set: Start/Stop Frequency, Amplitude, Source Load и т.д.

#### 4) Выбор каналов (Channel Selection)

Параметр Channel Selection позволяет задать входной и выходной каналы тестируемого устройства (DUT).

- a) DUT input: выбирает входной канал устройства — CH1–CH4.  
 b) DUT output: выбирает выходной канал устройства — CH1–CH4.

#### 5) Настройки отображения (Display Setting)

Настройки параметров отображения включают: автоматическую настройку, масштаб усиления, смещение усиления, масштаб фазы, смещение фазы, начальную и конечную частоты, а также включение/отключение отображения данных усиления и фазы.

- a) Automatic setting (Автоматическая настройка): Осциллограф автоматически устанавливает масштаб усиления, смещение усиления, масштаб фазы, смещение фазы, начальную и конечную частоты в зависимости от кривых амплитуды и фазы.
- b) Gain scale (Масштаб усиления): Устанавливает масштаб усиления в окне формы сигнала. Диапазон — от 1 дБ до 500 дБ.
- c) Gain displacement (Смещение усиления): Устанавливает смещение усиления. Диапазон — от -250 дБ до 250 дБ.
- d) Phase scale (Масштаб фазы): Устанавливает масштаб фазы. Диапазон — от 1° до 180°.
- e) Phase displacement (Смещение фазы): Устанавливает смещение фазы. Диапазон — от -180° до 180°.
- f) Start frequency (Начальная частота): Отображает начальную частоту на горизонтальной оси. Диапазон — от 50 Гц до 50 МГц.
- g) Stop frequency (Конечная частота): Отображает конечную частоту

на горизонтальной оси. Диапазон — от 60 Гц до 50 МГц.

- h) Gain display (Отображение усиления): Включает или выключает отображение данных усиления и связанной информации в окне. Возможные значения: ON / OFF.
- i) Phase display (Отображение фазы): Включает или выключает отображение данных фазы и связанной информации. Возможные значения: ON / OFF.

## 6) Курсор (Cursor)

Осциллограф серии MSO/UPO2000 поддерживает использование курсора для измерения графиков амплитудно-фазовой характеристики, как показано на рисунке 13-5. Можно задать состояние и режим курсора.

### a) State (Состояние):

Turn on: на диаграмме Бode отображаются две линии курсора. Поворотом многофункциональной ручки или касанием экрана можно перемещать курсоры. В правом нижнем углу экрана отображаются значения частоты, усиления и фазы, соответствующие позиции курсора.

Turn off: курсоры скрыты, а измеренные значения не отображаются.

### b) Mode (Режим): Определяет способ движения курсоров:

Independent (Независимый): два курсора перемещаются независимо.

Track (Связанный): оба курсора движутся одновременно.

## 7) Список данных (Data List)

Функция Data List отображает всю информацию по точкам сканирования диаграммы Бode, включая серийный номер, частоту, амплитуду, усиление и фазу. Список можно включать или выключать.

- a) ON: при включении список данных появляется слева. При активных курсорах можно выбрать точку сканирования поворотом ручки или касанием экрана — при этом курсоры на графике автоматически переместятся к выбранной точке.
- b) OFF: отключает отображение списка данных.

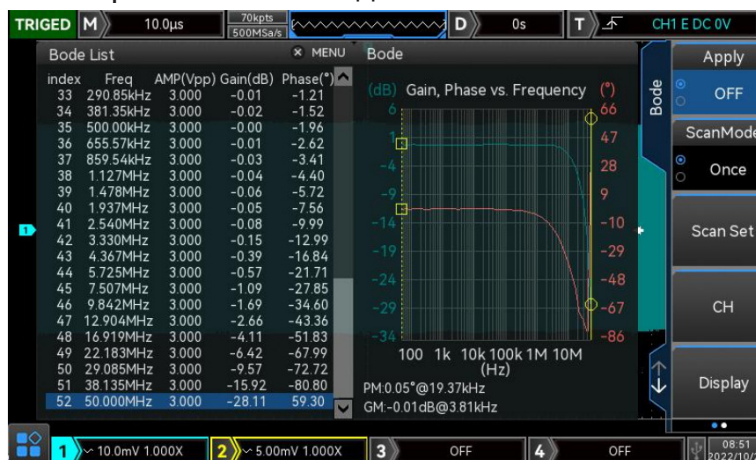


Рис. 13-5. Пример окна Data List с результатами измерений диаграммы Бode

## 8) Данные (Data)

Параметр Data позволяет сохранять и загружать данные сканирования диаграммы Бode, включая имя файла и операции сохранения/загрузки.

- a) Input name (Имя файла): Коснитесь или нажмите клавишу ввода, чтобы вызвать виртуальную клавиатуру. Используйте сенсорный экран или многофункциональную ручку для выбора букв и цифр.
- b) Storage (Сохранение): Сохраняет данные сканирования диаграммы Бode в формате .csv на USB-накопитель. Вставьте USB и выполните сохранение.
- c) Reload (Загрузка): Загружает ранее сохранённые данные диаграммы Бode

с USB. Вставьте USB — данные будут загружены автоматически при наличии соответствующего файла.

### 9) Схема подключения (Wiring Diagram)

Перед использованием функции диаграммы Бодэ необходимо правильно настроить контур подключения, как показано на рисунке 13-6. В окне Wiring Info можно просмотреть пояснения и схему соединений.

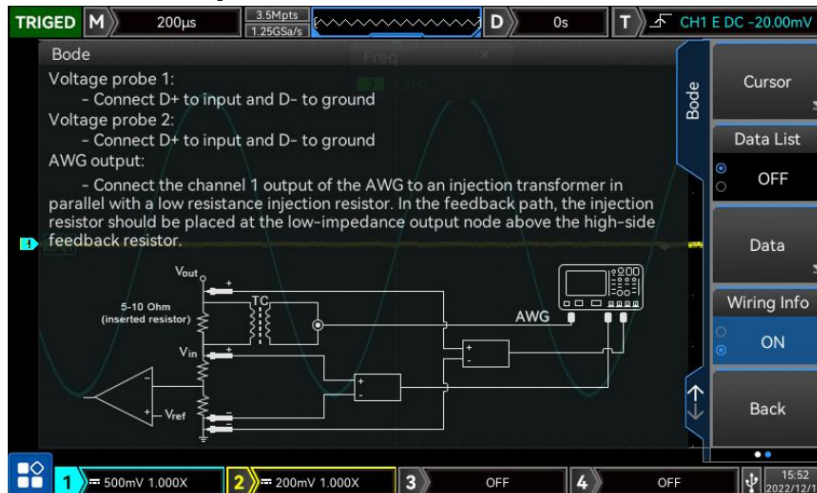


Рис. 13-6. Пример схемы подключения для измерений диаграммы Бодэ

## 13.6 Веб-доступ

### 1) Подключение к локальной сети (Access Local Area Network)

Компьютер и осциллограф должны находиться в одной локальной сети (LAN). Узнайте IP-адрес осциллографа через меню UTILITY, затем откройте веб-браузер и введите IP-адрес осциллографа с портом 9000

Пример:

IP компьютера: 192.168.42.3

IP осциллографа: 192.168.42.12 Чтобы подключиться, введите в браузере: 192.168.42.12:9000

После этого в браузере отобразится интерфейс осциллографа, как показано на рисунке 13-7.

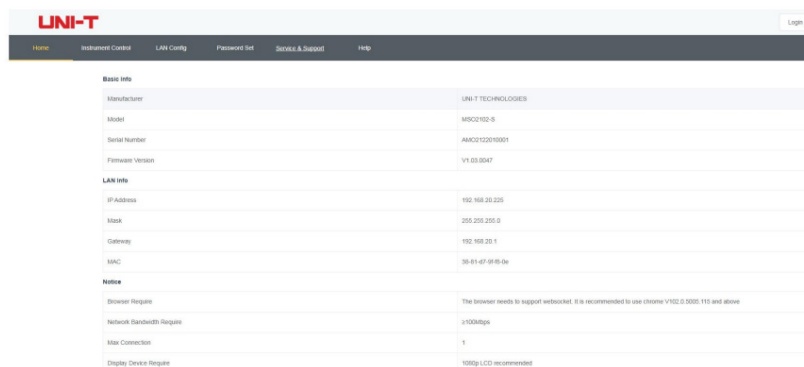


Рис. 13-7. Пример веб-интерфейса с отображением основной информации прибора. Войдите в систему, чтобы просмотреть и изменить настройки прибора, настройки сети и пароль. Имя пользователя и пароль для входа указаны в разделе Utility → System Information. После входа можно наблюдать форму сигнала и управлять осциллографом удалённо, как показано на рисунке 13-8.



Рис. 13-8. Удалённое управление осциллографом через веб-интерфейс, отображение сигнала на экране

На веб-странице можно управлять осциллографом, используя соответствующие кнопки и регуляторы. Доступно несколько действий, аналогичных управлению с панели прибора:

- Перетаскивайте курсор формы сигнала, чтобы изменить её вертикальное положение; перетаскивайте курсор триггера, чтобы изменить положение триггера.
- Нажмите на канал, чтобы включить или выключить его.
- Используйте колесо мыши для регулировки амплитуды (масштаба Volts/Div) выбранного канала.
- Используйте колесо мыши для изменения временной базы (Time Base) в режиме отображения времени (M).
- Перемещайте слайдер влево/вправо для настройки положения предтриггера (pretrigger) в области отображения сигнала. Нажмите кнопку Trigger Delay, чтобы переместить точку срабатывания триггера в центр экрана.
- Используйте меню для непосредственного изменения параметров. Интерфейс интернет-настроек осциллографа показан на рисунке 13-9.

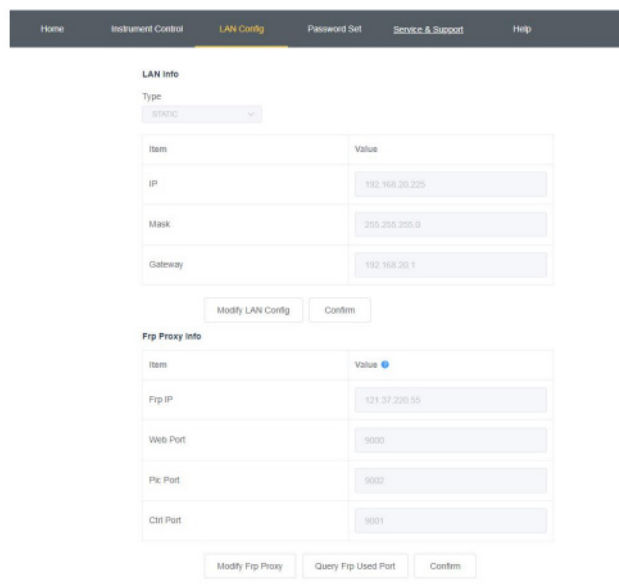


Рис. 13-9. Пример страницы с настройками сети и FRP Proxy в веб-интерфейсе осциллографа

## 2) Подключение к внешней сети (Access Outer Network)

- a) Подключите сетевой кабель к осциллографу, чтобы обеспечить доступ к интернету.
- b) Включите FRP Proxy Service на сервере.
- c) Настройте IP-адрес и порт FRP-прокси на осциллографе.
- d) После этого к осциллографу можно подключиться через браузер по адресу IP:9000, при этом интерфейс доступа остаётся таким же, как в локальной сети.

**Примечание:** Осциллограф использует технологию FRP (Fast Reverse Proxy) для организации доступа из внешней сети. Используется версия frp 0.34.0. Для работы клиенту frp-0.34.0 необходим подключённый сервер FRP. Сервер должен открыть порт 7000, а в конфигурации указать bind\_port = 7000.

## 3) Настройка сетевых параметров (Network Parameter Setting)

## a) Настройка локальной сети (Local Area Network Setting)

Для изменения интернет-настроек осциллографа войдите в систему через веб-интерфейс. Имя пользователя и пароль можно найти в меню Utility → System Information. Интерфейс настройки показан на рисунке 13-10.

The screenshot shows the 'LAN Config' page in the oscilloscope's web interface. At the top, there is a navigation bar with links: Home, Instrument Control, LAN Config (highlighted), Password Set, Service & Support, and Help. Below the navigation bar, the 'LAN info' section is visible. It includes a 'Type' dropdown menu set to 'STATIC'. Below this is a table with columns 'Item' and 'Value' for LAN configuration:

Item	Value
IP	192.168.20.239
Mask	255.255.255.0
Gateway	192.168.20.1

Below the table are two buttons: 'Modify LAN Config' and 'Confirm'. The 'FRP Proxy info' section is also visible, with a table for its settings:

Item	Value
Frp IP	121.37.228.55
Web Port	9000
Pic Port	9000
Ctrl Port	9001

Below this table are three buttons: 'Modify Frp Proxy', 'Query Frp Proxy Port', and 'Confirm'.

Рис. 13-10. Пример синтерфейса настроек локальной сети (LAN) в веб-интерфейсе осциллографа

Настройки сетевой информации включают: метод получения IP-адреса (DHCP или Static), локальный IP-адрес, маску подсети (Subnet Mask), и шлюз (Gateway). Если выбран режим DHCP, то вручную вводить IP-адрес, маску и шлюз не требуется — достаточно нажать кнопку Confirm (Подтвердить). Если выбран режим STATIC, необходимо вручную указать корректные значения IP-адреса, маски и шлюза, а затем нажать Confirm, как показано на рисунке 13-11.

Item	Value
IP	192.168.20.225
Mask	255.255.255.0
Gateway	192.168.20.1

Рис. 13-11. Пример ручной настройки IP-адреса, маски и шлюза при статическом подключении

После нажатия кнопки Confirm, осциллограф продолжит работу, используя новые параметры IP-адреса (если они указаны корректно).

#### b) Настройка параметров сети FRP Proxy

Интерфейс настройки FRP-прокси показан на рисунке 13-12.

Item	Value
FRP IP	192.168.20.225
Web Port	8080
Pic Port	8082
Ctrl Port	8081

Рис. 13-12. Пример интерфейса настройки параметров FRP Proxy в веб-интерфейсе осциллографа

Настройки FRP-прокси включают: IP-адрес сервера FRP, порт веб-доступа (web\_port), порт изображений (pic\_port), и порт управления (ctrl\_port). Для изменения параметров FRP нажмите Modify FRP Proxy, чтобы отредактировать IP-адрес и соответствующие порты, как показано на рисунке 13-13.

Item	Value
Frp IP	121.37.220.55
Web Port	9000
Pic Port	9002
Ctrl Port	9001

Modify Frp Proxy    Query Frp Used Port    Confirm

Рис. 13-13. Пример настройки IP и портов FRP-прокси: Web Port 9000, Pic Port 9022, Ctrl Port 9001

После ввода данных нажмите Confirm — осциллограф начнёт использовать обновлённые настройки FRP-прокси (при корректной конфигурации).

**Примечание:** Если несколько осциллографов подключаются к одному серверу FRP, то параметры web\_port, pic\_port и ctrl\_port на каждом приборе должны быть одинаковыми. В противном случае соединение FRP завершится ошибкой, и доступ будет невозможен.

Если параметры FRP-прокси изменены, то подключение через локальный адрес IP:9000 станет недоступным. Чтобы восстановить стандартный доступ, нажмите кнопку DEFAULT на панели осциллографа для сброса конфигурации, а затем используйте IP:9000 для повторного подключения.

#### 4) Настройка пароля (Password Setting)

Параметр Password Setting используется для входа пользователя в веб-интерфейс. После изменения пароля необходимо использовать новый пароль при следующем входе. Если пароль забыт, можно сбросить его, нажав кнопку DEFAULT на панели осциллографа.

## 14. Декодирование протоколов

Осциллограф MSO/UPO2000 поддерживает декодирование распространённых протоколов для входных сигналов аналоговых каналов, включая: RS232, I<sup>2</sup>C, SPI, CAN, CAN-FD, LIN и FlexRay. Пользователь может легко находить ошибки, отлаживать оборудование и ускорять процесс разработки благодаря декодированию протоколов.

Эта функция обеспечивает высокую скорость и качество выполнения проектов.

Поддерживаются следующие типы декодирования:

- RS232 Decoding
- I<sup>2</sup>C Decoding
- SPI Decoding
- CAN Decoding
- CAN-FD Decoding
- LIN Decoding
- FlexRay Decoding

### 14.1 Декодирование RS232

Интерфейс RS232 — это асинхронный стандарт последовательной передачи данных, разработанный Ассоциацией электронной промышленности (EIA). Обычно используется в разъёмах DB-9 или DB-25. Протокол подходит для обмена данными со скоростью передачи от 0 до 2 949 120 бит/с и широко применяется в микрокомпьютерных интерфейсах связи. Передаваемые данные объединяются в определённый набор серийных бит в соответствии с правилами протокола и передаются асинхронным последовательным способом.

Передача данных осуществляется по следующим правилам: сначала передаётся стартовый бит (Start bit). Затем — 5–8 бит данных (Data bits). Следом идёт необязательный бит чётности (Parity bit). В конце — один или два стоповых бита (Stop bits). Количество бит данных определяется соглашением между передающими и принимающими устройствами и может составлять от 5 до 8 бит. Бит чётности может отсутствовать или задаваться как чётный (even) или нечётный (odd). Количество стоповых бит — 1 или 2. В последующем описании передача одной последовательности данных называется кадром (frame).

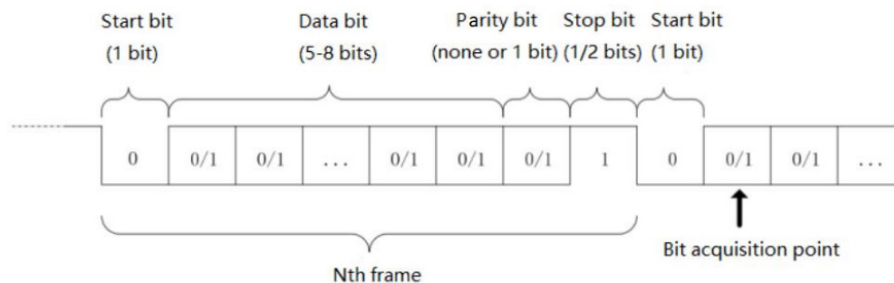


Рис. 14-1. Структура кадра RS232

#### 1) Декодирование шины (Bus Decoding)

В меню декодирования шины можно задать состояние шины, формат отображения, список событий и положение линии.

- Bus status (Состояние шины): Определяет, включено ли декодирование шины.
- Display format (Формат отображения): Устанавливает формат отображения данных декодирования — шестнадцатеричный, десятичный, двоичный или ASCII (только для RS232).
- Event list (Список событий): Отображает данные после декодирования в виде таблицы — включая номер строки, время, данные и биты чётности, что удобно для анализа длинных последовательностей.
- Vertical position (Вертикальное положение): Позволяет регулировать положение шины на экране с помощью многофункционального регулятора. Диапазон установки: 10–190.

#### 2) Источник информации (Information Source)

Задаёт источник триггера, который может быть: CH1, CH2, CH3, CH4 или D0–D15. Выбранный источник отображается в правом верхнем углу экрана. Источник может быть выбран только для цифровых каналов, если активирован режим LA (логический анализатор).

**Примечание:** Используйте только тот канал, к которому подключён сигнал. Это обеспечивает стабильный триггер и корректное декодирование.

#### 3) Полярность (Polarity)

Нажмите клавишу Polarity, чтобы выбрать положительную или отрицательную

полярность триггера.

а) Negative (Отрицательная): Обратная логика — высокий уровень = 0, низкий уровень = 1.

б) Positive (Положительная): Нормальная логика — высокий уровень = 1, низкий уровень = 0.

#### 4) Бит чётности (Parity)

Задаёт режим контроля чётности при передаче данных. Доступные варианты: без чётности, чётная (Even) или нечётная (Odd).

#### 5) Разрядность (Bit Width)

Определяет количество бит данных в сигнале RS232: возможные варианты — 5, 6, 7 или 8 бит.

#### 6) Порядок бит (Bit Order)

Устанавливает порядок передачи бит данных — от старшего к младшему (MSB) или от младшего к старшему (LSB).

а) MSB: первым передаётся старший бит.

б) LSB: первым передаётся младший бит.

#### 7) Стоповый бит (Stop Bit)

Задаёт количество стоповых бит для каждого кадра данных. Может быть 1 бит или 2 бита.

#### 8) Скорость передачи (Baud Rate)

Поскольку RS232 является асинхронным протоколом, передача данных осуществляется без синхронизирующего тактового сигнала. Для согласования передачи и приёма стороны должны договориться о скорости передачи данных (битрейте). Обычно битрейт (baud rate) — это количество бит, передаваемых за одну секунду. Например, значение 9600 bps означает, что передаётся 9600 бит/с. Следует учитывать, что стартовый, информационные, биты чётности и стоповые биты также. Скорость передачи данных (baud rate) не всегда равна фактической скорости передачи информации. Осциллограф выполняет выборку битов в соответствии с установленной скоростью передачи.

Доступные значения скорости передачи: 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с или пользовательская (user-defined). При выборе пользовательского режима значение можно задать с помощью многофункциональной ручки или диска управления (jog dial).

Рекомендуется устанавливать скорость передачи данных в соответствии с аппаратными и программными возможностями устройств, использующих протокол RS232. Из-за особенностей этого стандарта RS232 обычно применяется для коротких расстояний (до 20 м) и низких скоростей передачи (до 1 Мбит/с). Передача данных на более длинные расстояния или с более высокой скоростью может сопровождаться помехами и нестабильной работой.

## 14.2 Декодирование I<sup>2</sup>C

Триггер I<sup>2</sup>C используется для соединения микроконтроллеров и периферийных устройств. Этот протокол широко применяется в области микроэлектроники. Шина I<sup>2</sup>C имеет две линии передачи: SDA — линия передачи данных (Serial Data), SCL — линия синхронизации (Serial Clock). Обмен данными осуществляется по схеме «ведущий — ведомый» (master-slave), при этом возможна двусторонняя связь между ведущим и ведомым устройством. Шина I<sup>2</sup>C поддерживает несколько ведущих устройств (multi-

master), а для предотвращения конфликтов используется механизм обнаружения конфликтов (conflict detection) и арбитража (arbitration). Шина может использовать 7-битные и 10-битные адреса, при этом оба формата совместимы. Когда шина неактивна — обе линии (SDA и SCL) находятся в высоком логическом состоянии. Если одно из устройств передаёт низкий уровень, это сигнализирует, что шина занята (wired AND logic). Такая логика позволяет нескольким устройствам безопасно работать на одной линии. Данные на линии SDA должны оставаться стабильными, пока линия SCL находится в высоком состоянии. Обычно данные передаются в формате MSB first (старший бит первым).

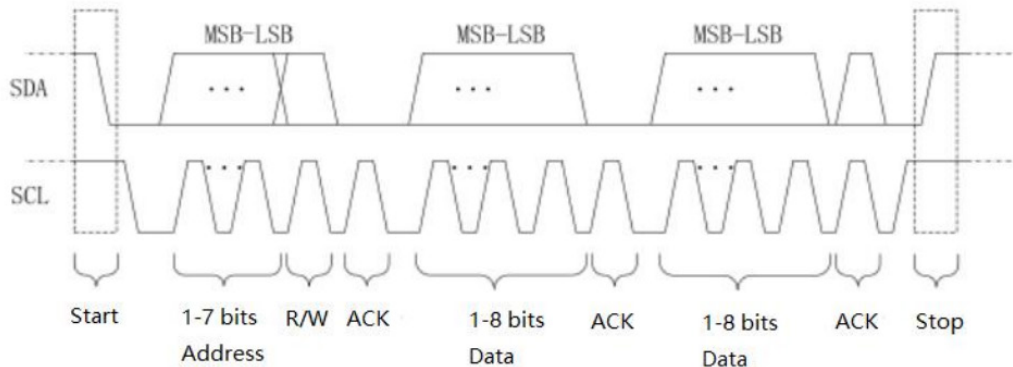


Рис. 14-2. Пример передачи данных по шине I<sup>2</sup>C

#### 1) Декодирование шины (Bus Decoding)

См. раздел RS232 Bus Decoding.

#### 2) Источник сигнала SCL (SCL Source)

Выберите источник сигнала синхронизации SCL: любой из каналов CH1–CH4 или D0–D15 для ввода тактового сигнала I<sup>2</sup>C.

#### 3) Источник сигнала SDA (SDA Source)

Выберите источник сигнала данных SDA: любой из каналов CH1–CH4 или D0–D15 для ввода линии данных I<sup>2</sup>C.

### 14.3 Декодирование SPI

Интерфейс SPI (Serial Peripheral Interface) используется для последовательного обмена данными между главным устройством (host) и периферийным оборудованием. Это полный дуплекс и синхронная шина связи. Обычно SPI использует 4 сигнальные линии:

- MOSI (Master Out Slave In) — передача данных от мастера к ведомому.
- MISO (Master In Slave Out) — передача данных от ведомого к мастеру.
- SCLK (Serial Clock) — тактовый сигнал, генерируемый ведущим устройством.
- CS (Chip Select) — сигнал выбора ведомого устройства.

Интерфейс SPI применяется для синхронной передачи данных между главным устройством и низкоскоростными периферийными приборами. Передача данных осуществляется побитно с каждым тактовым импульсом от ведущего. Первым передаётся старший бит (high bit), затем младший бит (low bit). SPI широко используется, поскольку не требует адресации устройств, поддерживает полный дуплекс, имеет простой протокол передачи. Типовая временная диаграмма SPI показана на рисунке 14-3.

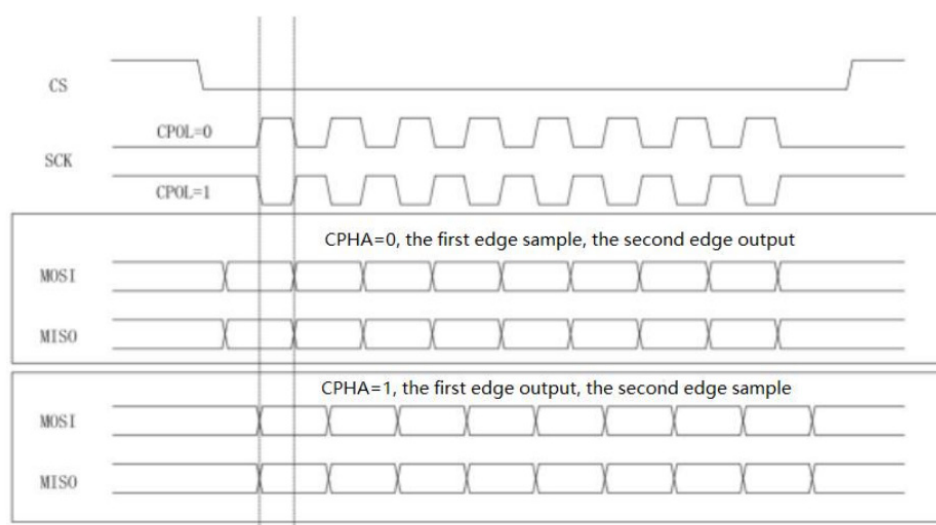


Рис. 14-3. Пример временной диаграммы SPI: CPHA=0 — выборка по первому фронту, CPHA=1 — выборка по второму фронту

**Примечание:** Аналоговые каналы 2-канальных моделей осциллографов серии MSO/UPO2000 не поддерживают декодирование SPI, поскольку для работы требуется не менее трёх каналов вывода.

1) Декодирование шины (Bus Decoding)

См. раздел RS232 Bus Decoding.

2) Разрядность (Bit Width)

Устанавливает количество бит в каждом кадре сигнала SPI. Диапазон: от 4 до 32 бит.

3) Порядок бит (Bit Order)

Определяет порядок передачи бит в сигнале SPI: передаётся ли старший бит (MSB) или младший бит (LSB) первым.

а) MSB: первым передаётся старший бит данных.

б) LSB: первым передаётся младший бит данных.

4) Источник CS (CS Source)

Можно выбрать любой из каналов CH1–CH4 или D0–D15 в качестве входного сигнала выбора микросхемы (Chip Select) для декодирования SPI. Источник отображается и выбирается только при включённом цифровом канале (LA).

5) Источник SCLK (SCLK Source)

Нажмите клавишу выбора источника SCLK, чтобы установить любой из каналов CH1–CH4 или D0–D15 в качестве источника тактового сигнала для декодирования SPI. Источник поддерживает отображение и выбор только цифрового канала при активном режиме LA.

6) Источник данных (Data Source)

Нажмите клавишу выбора MOSI, чтобы задать любой из каналов CH1–CH4 или D0–D15 в качестве входа данных MOSI при декодировании SPI. Источник поддерживает выбор только цифрового канала при включённом режиме LA.

7) Полярность CS (CS Polarity)

Задаёт полярность сигнала выбора микросхемы (Chip Select) — положительную или отрицательную.

а) Положительная полярность: значение равно 1, когда уровень сигнала выше порогового значения. В противном случае — 0.

b) Отрицательная полярность: значение равно 1, когда уровень сигнала ниже порогового значения. В противном случае — 0.

#### 8) Полярность SCLK (SCLK Polarity)

Задаёт фронт тактового сигнала — по нарастающему или спадающему фронту.

a) Rising edge (нарастающий фронт): выборка производится по нарастающему фронту.

b) Falling edge (спадающий фронт): выборка производится по спадающему фронту.

#### 9) Полярность данных (Data Polarity)

Определяет полярность сигнала данных MOSI — положительную или отрицательную.

a) Положительная полярность: значение 1 устанавливается, если сигнал выше порогового значения.

b) Отрицательная полярность: значение 1 устанавливается, если сигнал ниже порогового значения.

### 14.4 Декодирование CAN

#### 1) Декодирование шины (Bus Decoding)

См. раздел RS232 Bus Decoding.

#### 2) Источник информации (Information Source)

Установите источник триггера протокола CAN — любой из каналов CH1, CH2, CH3, CH4 или D0–D15. Выбранный источник отображается в правом верхнем углу экрана.

Источник можно выбрать только при включённом цифровом канале (LA).

**Примечание:** Используйте только тот канал, к которому подключён сигнал.

Это обеспечит стабильный триггер и корректное декодирование.

#### 3) Тип сигнала (Signal Type)

Настраивает тип входного сигнала текущего источника — высокий сигнал линии данных (high data line) или низкий сигнал линии данных (low data line).

#### 4) Скорость передачи данных (Bit Rate, bps)

Установите скорость передачи данных шины CAN. Доступные значения: 10к, 20к, 25к, 31.25к, 33.3к, 37к, 50к, 62.5к, 68.266к, 83.3к, 92.238к, 100к, 125к, 153к, 250к, 400к, 500к, 800к, 1М или пользовательское значение (user-defined). При выборе пользовательского режима можно вручную ввести собственную скорость передачи.

### 14.5 Декодирование CAN-FD

#### 1) Декодирование шины (Bus Decoding)

См. раздел RS232 Bus Decoding.

#### 2) Источник информации (Information Source)

Установите источник триггера протокола CAN-FD, который может быть любым из каналов CH1, CH2, CH3, CH4 или D0–D15. Текущий выбранный источник отображается в правом верхнем углу экрана. Источник можно выбрать только при активированном цифровом канале (LA).

**Примечание:** Используйте только тот канал, к которому подключён сигнал.

Это обеспечит стабильный триггер и корректное декодирование.

#### 3) Тип сигнала (Signal Type)

Настройте тип входного сигнала источника — высокий сигнал линии данных (CAN\_H) или низкий сигнал линии данных (CAN\_L).

#### 4) Скорость передачи данных (Bit Rate, bps)

Установите скорость передачи данных шины CAN-FD. Доступные значения: 10к, 20к, 25к, 31.25к, 33.3к, 37к, 50к, 62.5к, 68.266к, 83.3к, 92.238к, 100к, 125к, 153к, 250к, 400к, 500к, 800к, 1М или пользовательское значение (user-defined). При выборе пользовательского режима можно задать свою скорость вручную.

#### 5) Скорость FD (FD Bit Rate)

Установите скорость передачи данных в режиме CAN-FD. Доступные значения: 250к, 500к, 800к, 1М, 1.5М, 2М, 4М, 6М, 8М или пользовательская (user-defined). При выборе пользовательского режима скорость можно ввести вручную.

### 14.6 Декодирование LIN

#### 1) Декодирование шины (Bus Decoding)

См. раздел RS232 Bus Decoding.

#### 2) Источник информации (Information Source)

Установите источник триггера протокола CAN-FD, который может быть любым из каналов CH1, CH2, CH3, CH4 или D0–D15. Текущий выбранный источник отображается в правом верхнем углу экрана. Источник можно выбрать только при активированном цифровом канале (LA).

**Примечание:** Используйте только тот канал, к которому подключён сигнал. Это обеспечит стабильный триггер и корректное декодирование.

#### 3) Полярность (Polarity)

Установите полярность входного сигнала. Возможные значения:

а) Нормальная (normal): высокий уровень = 1.

б) Инверсная (inverse): высокий уровень = 0.

#### 4) Версия (Version)

Выберите версию протокола LIN — v1.x, v2.x или random (автоматически).

#### 5) Скорость передачи (Bit Rate, bps)

Установите скорость передачи данных шины LIN. Доступные значения: 1.2к, 2.4к, 4.8к, 9.6к, 10.417к, 19.2к или пользовательское значение (user-defined). При выборе пользовательского режима скорость можно ввести вручную.

#### 6) Бит чётности идентификатора (ID Parity Bit)

Задаёт наличие бита чётности в идентификаторе. Yes: включает бит чётности и ID. No: исключает бит чётности, используется только ID.

#### 7) Настройка длины данных (Setup Data Length)

Определяет, отображается ли меню настройки длины данных. Yes: меню отображается, можно задать длину данных. No: меню длины данных скры

#### 8) Длина данных (Data Length)

Устанавливает длину данных LIN. Диапазон: от 1 до 8 байт. Этот параметр активен только если пункт Setup Data Length установлен в значение Yes.

### 14.7 Декодирование FlexRay

#### 1) Декодирование шины (Bus Decoding)

См. раздел RS232 Bus Decoding.

#### 2) Источник информации (Information Source)

Установите источник триггера протокола CAN-FD, который может быть любым из каналов CH1, CH2, CH3, CH4 или D0–D15. Текущий выбранный источник

отображается в правом верхнем углу экрана. Источник можно выбрать только при активированном цифровом канале (LA).

**Примечание:** Используйте только тот канал, к которому подключён сигнал. Это обеспечит стабильный триггер и корректное декодирование.

### 3) Полярность (Polarity)

Полярность можно установить в режим VM, BDiff или VP.

### 4) Тип канала (Channel Type)

Задаёт тип сигнального канала: A или B.

### 5) Скорость передачи (Bit Rate, bps)

Установите скорость передачи данных, которая может быть: 2.5M, 5M, 10M или пользовательская (user-defined). При выборе пользовательского режима можно вручную ввести собственное значение скорости передачи.

## 15. Математические операции

Осциллографы серии MSO/UPO2000 поддерживают различные математические функции, включая: MATH, FFT, цифровые фильтры (Digital Filter) и расширенные операции (Advanced Operation).

Войдите в меню математических операций. С помощью регуляторов POSITION или SCALE в вертикальном блоке управления можно изменять вертикальное положение и масштаб отображаемой волны. Волна, полученная в результате математической операции, не может независимо изменять горизонтальную шкалу времени — она автоматически подстраивается под горизонтальную шкалу активного аналогового канала. Результат математической операции на экране отмечается специальным курсором MATH.

Поддерживаемые типы операций:

- Математические функции (Mathematical Function)
- Быстрое преобразование Фурье (FFT)
- Цифровой фильтр (Digital Filter)
- Расширенные операции (Advance Operation)

### 15.1 Математические функции

Используйте операторы “+”, “-”, “x”, “÷” для выполнения математических операций между волнами каналов, чтобы получить результирующую математическую волну.

Оператор (Operator). Поддерживаются следующие операции:

- 1) + — сложение сигналов каналов 1 и 2 (покомпонентно).
- 2) - — вычитание сигналов каналов 1 и 2 (покомпонентно).
- 3) x — умножение сигналов каналов 1 и 2 (покомпонентно).
- 4) ÷ — деление сигналов каналов 1 и 2 (покомпонентно).

### 15.2 Быстрое преобразование Фурье (FFT)

С помощью математической операции FFT (Fast Fourier Transform) осциллограф преобразует временной сигнал (YT) в частотный спектр. FFT позволяет легко наблюдать:

- гармонические составляющие и искажения в измерительной системе;
- шумовые характеристики источников питания постоянного тока;
- анализ вибраций и механических колебаний.

### 1) Вертикальная единица измерения

Результаты операции FFT могут отображаться в единицах Vrms или dBVrms. Vrms и dBVrms показывают амплитуду сигнала в линейном или логарифмическом (в децибелах) виде. Если необходимо отобразить спектр с большим динамическим диапазоном, рекомендуется использовать dBVrms.

### 2) Диапазон частот

#### а) Диапазон (Range):

- Start Frequency: установить начальную частоту диапазона FFT.
- End Frequency: установить конечную частоту диапазона FFT.
- Reference Frequency: автоматически задаёт начальную и конечную частоты, подбирая значения для оптимального отображения точки выборки пика на графике FFT.

#### б) Полоса пропускания (Bandwidth):

- Center Frequency: задать центральную частоту спектра FFT; при изменении этого параметра форма сигнала FFT изменится соответствующим образом.
- Bandwidth: установить ширину полосы анализа FFT.
- Reference Frequency: установить центральную частоту FFT, при этом спектр автоматически перестраивается.

### 3) Количество точек (Count)

Количество точек для выполнения FFT может быть выбрано вручную или автоматически: Auto, 1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 32K, 64K, 128K, 256K, 512K, 1024K, 2048K, 4096K.

### 4) Оконная функция (Window)

Для анализа спектра можно выбрать одно из окон: Hamming, Blackman, Rectangle или Hanning.

а) Rectangle (Прямоугольное окно): Обеспечивает лучшую частотную разрешающую способность, но худшую амплитудную. Похоже на анализ без окна. Рекомендуется для измерения:

- коротких импульсов и переходных процессов (уровень сигнала почти одинаков до и после события);
- синусоидальных сигналов с одинаковой амплитудой и близкими частотами;
- широкополосного случайного шума с медленно изменяющимся спектром.

б) Hanning (Окно Хэннинга): Обеспечивает лучшую частотную, но хуже амплитудную разрешающую способность по сравнению с прямоугольным окном. Подходит для измерения синусоидальных, периодических и узкополосных шумовых сигналов.

в) Hamming (Окно Хэмминга): Частотное разрешение немного лучше, чем у окна Хэннинга. Подходит для измерения переходных процессов, коротких импульсов, а также сигналов с большой разницей уровней до и после импульса.

г) Blackman (Окно Блэкмана): Обеспечивает лучшую амплитудную, но наихудшую частотную разрешающую способность. Используется для анализа сигналов одной частоты или поиска высоких гармоник.

### 5) Режим отображения (Display Mode)

Режим отображения FFT делится на: полноэкранный (Full Screen), разделённый экран (Split Screen), независимый экран (Independent Screen) и режим водопада (Waterfall)

Curve). Спектр FFT отображается в виде сетки из 10 делений по окну дисплея и соответствует координатной сетке, что удобно для анализа частотного спектра.

- a) Разделённый экран (Split Screen): Отображает исходную форму сигнала и спектр FFT в двух окнах одновременно, расширяя визуализацию спектра (см. рисунок 15-1).
- b) Полноэкранный режим (Full Screen): Наложённое отображение исходного сигнала и спектра FFT на одном экране. Позволяет более наглядно наблюдать спектр и проводить точные измерения.
- c) Независимый экран (Independent Screen): Отображает только спектр FFT без сигнала во временной области, для более чёткого анализа частотных компонентов (см. рисунок 15-2).
- d) Режим водопада 1 (Waterfall Curve 1): Сигнал, спектр и кривая водопада отображаются в трёх отдельных окнах. Кривая водопада показывает изменение уровня сигнала (в дБ) во времени. Есть функция записи (record). Режим водопада доступен только при включённой функции Enhance FFT. Максимально может быть записано 200 спектров, соответствующих отображению водопада.
- e) Режим водопада 2 (Waterfall Curve 2): Отображает два окна — спектр и водопад. Кривая водопада также показывает изменение уровня сигнала (в дБ) во времени. Поддерживается функция записи, аналогично Waterfall 1. Максимум — 200 записанных спектров (см. рисунок 15-3).

Выбор участка (Chip Selection): В режиме STOP можно использовать многофункциональную ручку (Multipurpose Knob) или клавиатуру для выбора нужного участка. Это позволяет просматривать форму спектра в конкретный момент времени на кривой водопада.

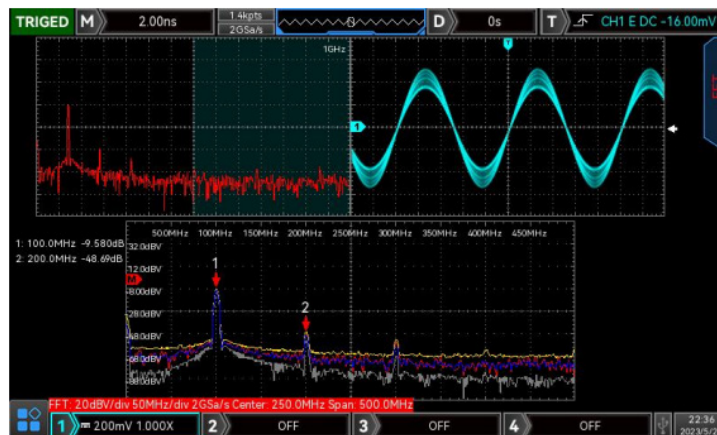


Рис. 15-1. Пример экрана с режимом «Split Screen» — сверху показана осциллограмма сигнала, снизу — спектр FFT.

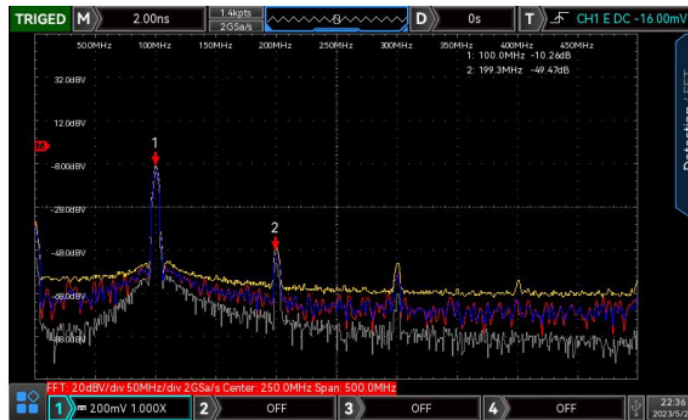


Рис. 15-2. Независимое окно FFT — наблюдение спектра сигнала

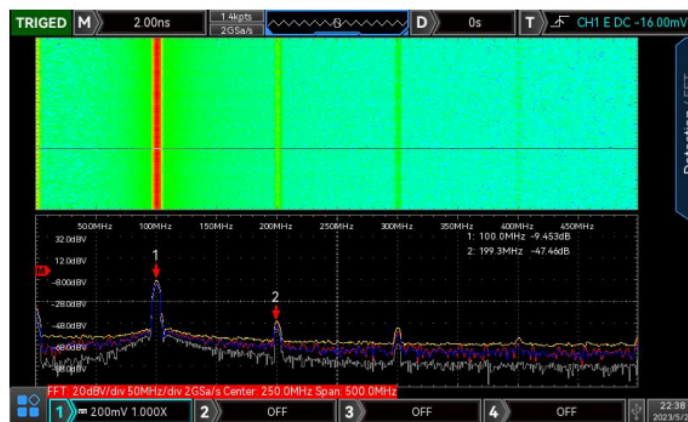


Рис. 15-3. Режим водопада, отображающий изменение уровня сигнала во времени

#### б) Режим обнаружения FFT (FFT - Detecting Mode)

Режим обнаружения определяет способ отображения точек выборки необработанных данных после выполнения операции FFT. Режим отображения может быть установлен в один из следующих вариантов: Normal — обычный режим; Average — усреднение; Maximum Hold — удержание максимального значения; Minimum Hold — удержание минимального значения. Режим выборки точек (Sampling Point Mode) можно установить в следующие режимы: +Peak — отображение положительных пиков; -Peak — отображение отрицательных пиков; Average — усреднённое значение; Sampling — выборка исходных данных. На рисунке 15-4 показан пример работы режима обнаружения FFT с различными методами отображения точек.

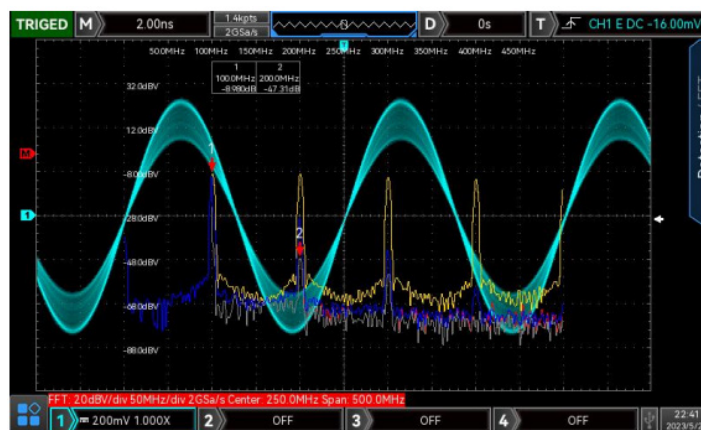


Рис. 15-4. Пример визуализации режима обнаружения FFT с наложением спектра и сигнала

**Режим отображения (Display Mode)**

a) Normal (Обычный режим): Спектр отображает все точки выборки. Соответствующий спектр показан красным цветом.

b) Average (Усреднение): Спектр отображает среднее значение по каждой точке выборки за заданный интервал времени. Соответствующий спектр показан синим цветом.

Average time (время усреднения): можно задать количество циклов усреднения — 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 или 1024. Чем больше число, тем более сглаженным будет спектр.

c) Maximum hold (Удержание максимума): Спектр отображает максимальное значение среди всех выборок. Соответствующий спектр показан жёлтым цветом.

d) Minimum hold (Удержание минимума): Спектр отображает минимальное значение среди всех выборок. Соответствующий спектр показан серым цветом.

**Режим выборки точек (Sampling Point Mode)**

a) OFF — отключить отображение выборок.

b) +Peak — отображать максимальные значения в каждой точке выборки.

c) -Peak — отображать минимальные значения в каждой точке выборки.

d) Average — отображать средние значения в каждой точке выборки.

e) Interval — выполнять выборку в одном и том же временном интервале.

Reset trace: обновить все данные спектра.

**Примечание:** В режиме обнаружения (Detecting Mode) должна отображаться хотя бы одна кривая. Если ни один из режимов обнаружения не включён, используется режим Normal по умолчанию.

**7) Улучшенный FFT — Маркеры (Enhance FFT - Marker)**

Маркеры позволяют отмечать точки на спектре и отображать значения частоты и напряжения. Режимы маркеров включают Auto, Threshold и Manual.

a) Auto (Автоматический режим):

- Mark trace: выбирает спектр в качестве источника маркера. Можно использовать спектры, полученные в режимах Normal, Average, Maximum Hold и Minimum Hold.
- Maximum count: задаёт максимальное количество маркеров (от 1 до 50).
- Event list: отображает сведения о текущем маркере — его номер, частоту и напряжение.

b) Threshold (Пороговый режим):

- Mark trace: аналогично автоматическому режиму.
- Threshold: задаёт пороговое значение для отображения маркеров. Маркер отображается только если амплитуда превышает установленный порог.
- Event list: отображает сведения о текущем маркере — его номер, частоту и напряжение.

c) Manual (Ручной режим):

Используйте многофункциональную ручку (Multipurpose Knob) для перемещения маркера в любую точку на кривой.

- Mark trace: выберите спектр в качестве источника маркера. Можно использовать спектры, полученные в различных режимах обнаружения — Normal, Average, Maximum Hold, Minimum Hold.
- Maximum peak value: по умолчанию в ручном режиме маркер устанавливается на максимальное значение амплитуды точки выборки.

**Примечание:** Если выбранный источник маркера (mark trace) не отображается, это значит, что точки маркера отсутствуют. Маркер можно установить только тогда, когда источник отображается на экране.

### **Советы по работе с FFT (FFT Operation Tips)**

Сигналы с постоянной составляющей (DC) или отклонениями могут вызывать ошибки в спектре FFT. Чтобы минимизировать DC-компонент, можно переключить канал в режим AC-сопряжения (AC coupling). Чтобы снизить случайный шум и паразитные частотные компоненты повторяющихся или одиночных импульсов, рекомендуется установить режим усреднения (Average Acquisition Mode) для сбора данных

## **15.3 Цифровой фильтр**

### 1) Тип фильтра

#### a) Low Pass (Низкочастотный фильтр):

Пропускает только сигналы, частота которых ниже верхнего предела текущего диапазона.

#### b) High Pass (Высокочастотный фильтр):

Пропускает только сигналы, частота которых выше нижнего предела текущего диапазона.

#### c) Band Pass (Полосовой фильтр):

Пропускает только сигналы, частота которых находится между нижним и верхним пределами диапазона.

#### d) Band Limited (Ограниченный по полосе):

Пропускает только сигналы, частота которых ниже нижнего предела диапазона или выше верхнего предела диапазона.

### 2) Нижний предел частоты

Используйте многофункциональную ручку (Multipurpose Knob) для изменения значения нижнего предела частоты. В режиме Low Pass нижний предел не используется, и соответствующее меню скрыто.

### 3) Верхний предел частоты

Используйте многофункциональную ручку (Multipurpose Knob) для изменения значения верхнего предела частоты. В режиме High Pass верхний предел не используется, и меню скрыто.

**Примечание:** Диапазон верхнего и нижнего пределов частоты зависит от текущей горизонтальной развертки (Time Base).

## **15.4 Расширенные операции**

Пользователь может самостоятельно задать выражения для выполнения различных математических операций с сигналами входных каналов и получить результирующую математическую форму сигнала (MATH waveform).

### 1) Expression (Выражение):

Эта функция может быть включена или выключена. При включении открывается диалоговое окно, как показано на рисунке 15-4.

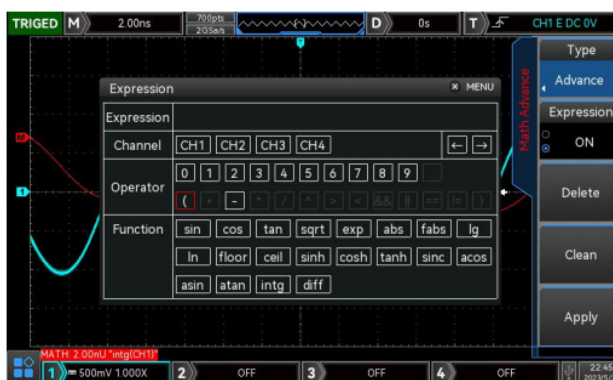


Рис. 15-4

Используйте многофункциональную ручку (Multipurpose Knob), чтобы выбрать Channel, Function или Operator, затем нажмите на ручку, чтобы открыть список доступных параметров после выбора выражения (Expression).

При редактировании выражения пользователь может нажимать клавиши Delete, Clear и Apply для удаления, очистки и применения выражения соответственно.

После применения выражения осциллограф выполняет математические операции в соответствии с введённой формулой и отображает результат.

## 2) Диалоговое окно Expression

a) exp: представляет собой формулу, состоящую из канала, функции, переменной и оператора. Длина выражения не может превышать 40 символов.

b) Ch: канал может быть выбран из CH1, CH2, CH3 или CH4.

c) Function: функции, доступные в меню, описаны в таблице 15-1.

Таблица 15-1

Название функции	Описание
Sin	Вычисление синуса выбранного источника сигнала.
Cos	Вычисление косинуса выбранного источника сигнала.
Sinc	Вычисление нормализованного значения выбранного источника сигнала.
Tan	Вычисление тангенса выбранного источника сигнала.
Sqrt	Вычисление квадратного корня выбранного источника сигнала.
Exp	Вычисление экспоненты выбранного источника сигнала.
Log	Вычисление логарифма выбранного источника сигнала.
Ln	Вычисление натурального логарифма выбранного источника сигнала.
Floor	Округление значения выбранного источника вниз до ближайшего целого числа.
ABS	Вычисление абсолютного значения выбранного источника (целое значение).
acos	Вычисление арккосинуса выбранного источника.
asin	Вычисление арксинуса выбранного источника.
atan	Вычисление арктангенса выбранного источника.
sinh	Вычисление гиперболического синуса выбранного источника.
tanh	Вычисление гиперболического тангенса выбранного источника.

cosh	Вычисление гиперболического косинуса выбранного источника.
ceil	Округление значения выбранного источника вверх до ближайшего целого.
fabs	Вычисление абсолютного значения выбранного источника (дробное значение).
intg	Вычисление интеграла выбранного источника.
diff	Вычисление производной выбранного источника.

d) Opt: функции операторов приведены в таблице 15-2.

Таблица 15-2

Название функции	Описание
+, -, *, /, ^	Математические операторы: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень.
( )	Скобки — используются для изменения приоритета операций.
<, >, ==, !=	Операторы сравнения: больше, меньше, равно, не равно.
, &&	Логический оператор: или, и.
0 ~ 9, .	Ввод числовых значений.

## 16. Цифровой канал

Осциллограф серии MSO/UPO2000 оснащён 2 аналоговыми каналами и 16 цифровыми каналами. Для цифровых каналов осциллограф сравнивает выборки напряжения с заданным логическим порогом: если напряжение в точке выборки выше порога, значение сохраняется как логическая 1; если ниже — сохраняется как логический 0. Осциллограф может наглядно отображать уровни логической 1 и логического 0 на экране. Это удобно для обнаружения и анализа ошибок в цифровых схемах — как в аппаратной, так и в программной части проекта.

Эта глава описывает, как использовать цифровые каналы осциллографа серии MSO/UPO2000.

Перед началом работы необходимо подключить логический пробник UT-M15 к осциллографу и исследуемому устройству. Инструкции по применению логического пробника приведены в руководстве пользователя UT-M15 Logical Probe.

Функции цифровых каналов:

- Открытие цифрового канала
- Выбор цифрового канала
- Размер формы сигнала
- Выбор ранга (Rank Selection)
- Установка порога (Threshold Setting)
- Настройка шины данных (Data Bus Setting)
- Настройка меток (Label Setting)
- Настройка групп (Group Setting)
- Список событий (Event List)
- Калибровка задержки (Delay Calibration)

### 16.1 Открытие цифрового канала

Откройте меню настройки цифровых каналов через переключатель каналов.

1) Выбор канала: Откройте список каналов D0–D15, чтобы включить или выключить

нужный канал. Включённый канал отмечается символом  и отображается на экране.

- 2) Включение/выключение группы D7–D0 или D15–D8.
- 3) Включение/выключение пользовательской группы: Выбранная группа отмечается символом . Если группа включает цифровые каналы, они будут показаны на экране. Пользовательские группы задаются в разделе Group Setting (Настройка групп).

**Примечание:** Выбирать можно только те цифровые каналы, которые предварительно определены в настройках группы.

### 16.2 Выбор цифрового канала

Текущий канал можно выбрать из списка доступных. Выбранный канал будет подсвечен. С помощью поворотной многофункциональной ручки (Rotary Multipurpose Knob) можно переместить выбранный канал в нужное положение на экране.

**Примечание:** Действует только для каналов, которые уже отображаются на экране осциллографа. Перемещение по позициям становится активным только для видимых каналов.

### 16.3 Размер формы сигнала

Размер формы сигнала можно выбрать: S, M или L. По умолчанию установлено значение S.

**Примечание:** Режим L (большой) доступен только если открыто не более 8 каналов. Перед активацией необходимо выполнить сортировку каналов.

### 16.4 Выбор порядка каналов

Выбор порядка позволяет задать последовательность отображения форм сигналов в открытых каналах. Порядок отображения может быть сверху вниз: от D0 до D15 или от D15 до D0. Настройка по умолчанию — D0–D15.

### 16.5 Установка порога

Меню установки порога позволяет независимо задавать пороговое значение для двух групп каналов — Type L (низкий уровень) и Type H (высокий уровень). Когда напряжение входного сигнала превышает установленный порог, осциллограф определяет его как логическую 1, в противном случае — как логический 0.

Тип L или H может быть выбран из предустановленных значений или задан вручную.

- 1) Предустановленные типы: Доступные уровни порога: TTL, 5.0V CMOS, 3.3V CMOS, 2.5V CMOS, 1.8V CMOS, ECL, PECL, CLDS и 0V. После выбора типа соответствующий порог автоматически применяется.
- 2) Пользовательская настройка (User-defined): С помощью ручки Multipurpose можно установить нужный уровень порога вручную. Диапазон регулировки: от –20.0 В до +20.0 В.

### 16.6 Настройка шины данных

Пользователь может назначить три группы цифровых каналов: D0–D7, D8–D15, D0–D15, или выбрать None (нет). Каждое значение шины данных отображается внизу экрана — в числовом или графическом формате. Таким образом, осциллограф MSO/UPO2000 позволяет создать две независимые шины данных.

- 1) Bus: можно выбрать BUS1 или BUS2.
- 2) Bus Status: включение/выключение отображения шины данных.
- 3) Quick Selection: быстрая настройка группы каналов для BUS1 или BUS2 (D0–D7, D8–D15, D0–D15 или None).
- 4) Bit: выбор отдельных разрядов шины (от D0 до D15, CH1 или CH2).
- 5) Bit Order: установка порядка битов: Low to High — D0 соответствует младшему биту, High to Low — D0 соответствует старшему биту.
- 6) Clock: выбор канала (D0–D15, CH1, CH2) в качестве опорного тактового сигнала. Выбор NULL означает отсутствие опорного сигнала.
- 7) Edge Type: установка типа фронта тактового сигнала — восходящий (rising) или нисходящий (falling).
- 8) Display Type: выбор формата отображения данных — шестнадцатеричный, десятичный, двоичный, ASCII или графический. В графическом режиме осциллограф показывает изменение значения шины данных во времени, что позволяет удобно отслеживать тенденцию изменений значений в реальном времени.
- 9) Защита от дрожания сигнала (Shake Proof): Включение или выключение функции подавления дрожания.  
Shake (дрожание): Показывает кратковременное отклонение сигнала в определённый момент времени от его идеального положения (пример показан на рисунке T1 и T2). Если для шины данных не выбран опорный тактовый сигнал, изменение состояния каждого канала может вызывать колебания данных на шине. Это приводит к появлению ложных данных. При включённой функции Shake Proof шина данных не будет отображать кратковременные изменения, вызванные дрожанием, а будет сохранять только достоверные данные.
- 10) Время дрожания (Shake Time): Вращение внешнего кольца ручки Jog Dial изменяет время дрожания крупными шагами. Вращение внутреннего кольца Jog Dial позволяет регулировать время дрожания малыми шагами. Диапазон настройки: от 0 нс до 50 мкс.

**Примечание:** Функции Shake Proof и Shake Time доступны только тогда, когда для шины данных не задан опорный тактовый сигнал.

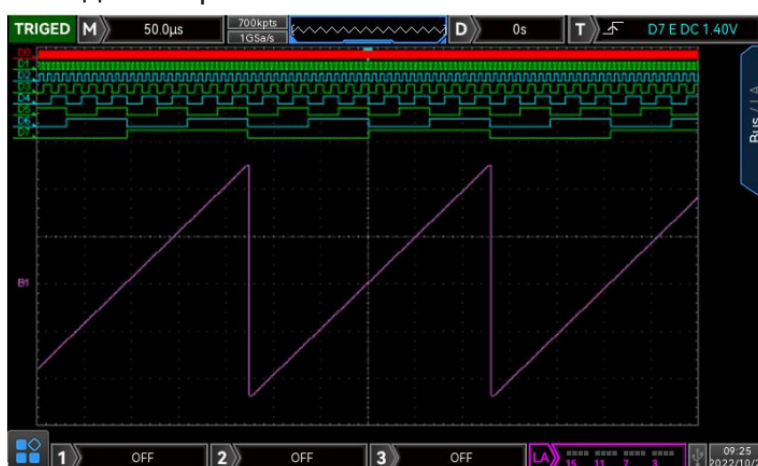


Рис. 16-1. Пример отображения формы сигнала на шине данных при активной функции подавления дрожания

## 16.7 Настройка меток

Меню настройки меток позволяет присваивать имена (метки) цифровым каналам. Метки можно задавать из заранее определённого списка или вручную.

### 1) Предустановленные метки (Preset Label)

Выберите цифровой канал, которому требуется задать метку. Можно выбрать из предустановленного списка, включающего следующие варианты: ACK, ADD, ADDR, BIT, CAS, CLK, DATA, HALT, INT, UB, NIMI, OUT, PIN, RAS, RDY, RST.

### 2) Ввод пользовательской метки (Input Label)

Выберите цифровой канал (D0–D15) и нажмите Input для входа в интерфейс ввода. Затем введите метку вручную. По умолчанию осциллограф помечает каналы их номерами (например, D1, D2 и т.д.). Для удобства пользователь может назначить каждому каналу собственную метку (например, CLK, DATA, RESET и т.п.).

**Примечание:** Пользовательская метка может содержать: заглавные буквы (A–Z), строчные буквы (a–z), цифры (0–9), специальные символы. Длина метки не должна превышать 27 символов.

### 3) Очистка меток (Clear Label)

Удаляет все установленные метки со всех каналов.

## 16.8 Настройка групп

Функция настройки групп позволяет случайным образом создавать или удалять группы из 16 цифровых каналов. Поддерживается разделение на 4 группы. Один канал может входить в несколько групп. Каналы, добавленные в группу, отмечаются символом . В каждом окне параметров отображается графика цифровых каналов (LA digital graphics) с выбранными каналами, как показано на рисунке 16-2.

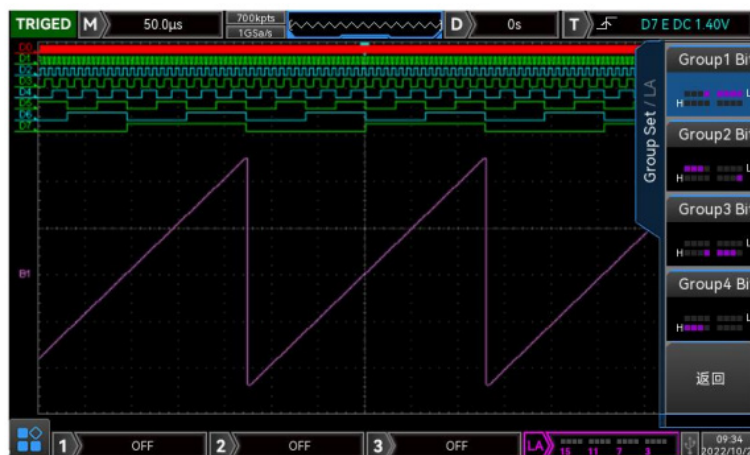


Рис. 16-2

## 16.9 Список событий

Список событий отображает данные, номер строки и время после декодирования. Эта функция удобна для анализа длинных последовательностей декодированных данных.

**Примечание:** функция доступна только при активном состоянии BUS (шины).

## 16.10 Калибровка задержки

При проведении реальных измерений с помощью осциллографа задержка, вызванная кабелем пробника, может привести к значительному смещению нуля (Zero Offset). Zero Offset определяется как смещение точки пересечения формы сигнала и линии уровня триггера относительно положения триггера.

С помощью ручки Multipurpose можно установить время задержки в диапазоне от –100 нс до +100 нс.

**Примечание:** Этот параметр зависит от модели прибора и текущего масштаба по оси времени. Чем больше масштаб времени, тем крупнее шаг регулировки.

## 17. Генератор функциональных/произвольных сигналов

Осциллограф серии MSO/UPO2000 оснащён встроенным генератором функциональных и произвольных сигналов (только для моделей MSO-S). Он использует технологию прямого цифрового синтеза (DDS), что позволяет генерировать стабильный и точный сигнал с разрешением до 1 мкГц. Генератор сигналов MSO/UPO2000 — это экономичное и функциональное решение для формирования различных типов сигналов. Основные функции:

- Включение генератора функциональных/произвольных сигналов
- Вывод базовых форм сигналов
- Расширенные функции
- Общие настройки

### 17.1 Включение генератора функциональных/произвольных сигналов

Включить генератор можно через меню AWG, как показано на рисунке 17-1.

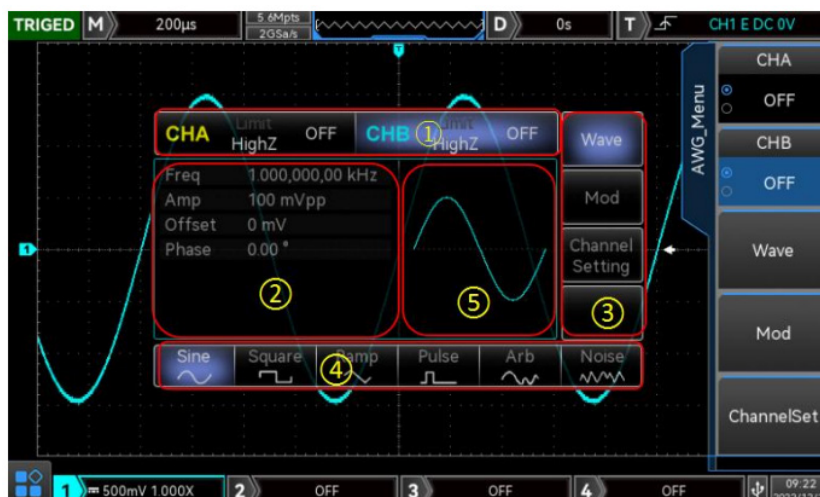



Рис. 17-1. Интерфейс включения и настройки генератора функциональных/произвольных сигналов

- 1) Область 1 на изображении показывает информацию о каналах CHA/CHB. Активный (выбранный) канал подсвечивается.
- 2) Параметр Limit — ограничение выходной амплитуды. Белый цвет означает, что функция активна. Серый цвет — неактивна.
  - a) High Z — соответствует высокому выходному сопротивлению (высокая импедансная нагрузка). Можно выбрать High Z или 50 Ω. Заводская установка — High Z.
  - b) Значок  обозначает форму текущей волны (синусоидальная волна). В зависимости от режима работы это может быть: основная форма сигнала (fundamental wave) или модулированная (modulating OFF).
- 3) Область 2 на рисунке — это список параметров волны (Waveform Reference List). Здесь отображаются параметры выбранной формы сигнала, такие как частота, амплитуда, смещение и фаза. Если элемент в списке выделен белым цветом, можно использовать мягкие клавиши меню, цифровую клавиатуру, кнопки направления или многофункциональную ручку (Multipurpose Knob) для изменения параметра. Если базовый цвет текущего символа совпадает с цветом активного канала

(например, белый — при настройке), это означает, что символ находится в режиме редактирования. В этом случае значение можно изменить с помощью клавиш направления (см. рисунок 17-2) или цифровой клавиатуры / многофункциональной ручки.

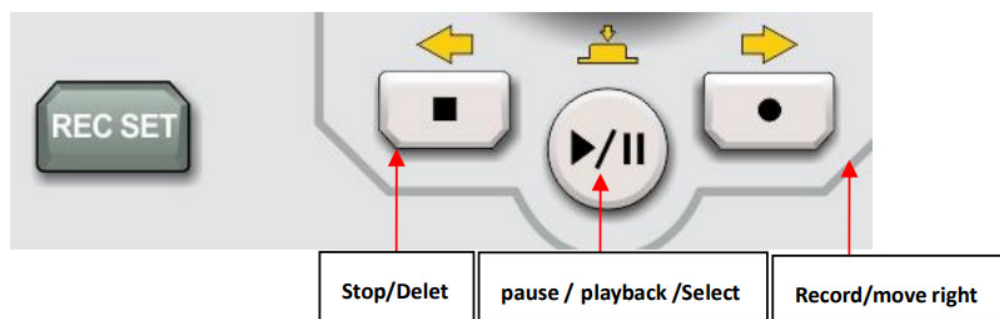


Рис. 17-2

Stop	Остановить или удалить. Левая жёлтая стрелка на рисунке. Перемещается влево при изменении числового значения.
Playback/Pause	Пауза / воспроизведение / выбор. Центральная жёлтая стрелка на рисунке. Используется для переключения параметров.
Record	Запись / перемещение вправо. Правая жёлтая стрелка на рисунке. Перемещается вправо при изменении значения.

- 4) Элементы 3 и 4 на рисунке — это ярлыки мягких клавиш (Soft Key Labels). Они обозначают функцию, назначенную соответствующей клавише меню. Выделение (Highlighting) показывает, что клавиша активна: центр ярлыка окрашен в цвет текущего канала или в серый, если система находится в режиме настройки; текст при этом отображается белым. 3 — обозначает, что ярлык выбран; 4 — показывает содержимое или действие, соответствующее этой клавише.
- 5) Элемент 5 — это область отображения формы волны (Waveform Display Area). В ней показана форма текущего выходного сигнала. Цвет или подсветка информационной строки CH1/CH2 позволяет различать каналы. Слева отображается список параметров формы волны.

## 17.2 Вывод базовой формы сигнала

Генератор AWG может выводить базовые сигналы с одного канала или одновременно с двух каналов. Доступные формы сигнала: синус, меандр (square), пилообразная волна (ramp), произвольная волна (arbitrary) и шум (noise). После нажатия клавиши AWG по умолчанию осциллограф выводит: синусоидальный сигнал с частотой 1 кГц, амплитудой 100 мВ (пик-пик). Данный раздел описывает настройку генерации различных типов базовых сигналов (на примере CH1).

### 1) Установка выходной частоты

При включении AWG осциллограф генерирует сигнал 1 кГц / 100 мВ (пик-пик) по умолчанию. Частоту можно изменить с помощью многофункциональной ручки (Multipurpose Knob) или цифровой клавиатуры.

## 2) Установка амплитуды выходного сигнала

По умолчанию форма волны — синусоидальная, амплитуда — 100 мВ (пик-пик). Амплитуду можно изменить с помощью многофункциональной ручки (Multipurpose Knob) или цифровой клавиатуры.

## 3) Установка постоянного смещения (DC Offset Voltage)

По умолчанию напряжение смещения = 0 В. Значение можно изменить с помощью многофункциональной ручки или цифровой клавиатуры. Диапазон регулировки: от -2,99 В до +2,99 В.

## 4) Установка фазы

По умолчанию фаза = 0°. Её можно регулировать при помощи многофункциональной ручки или цифровой клавиатуры. Диапазон изменения: от -360° до +360°.

## 5) Установка коэффициента заполнения импульсного сигнала (Duty Cycle)

По умолчанию частота импульса — 1 кГц, коэффициент заполнения — 50%. Минимальная ширина импульса — 80 нс. Регулировка выполняется с помощью многофункциональной ручки или цифровой клавиатуры. Диапазон: от 1% до 99%.

## 6) Установка симметрии пилообразного сигнала (Ramp Wave Symmetry)

По умолчанию симметрия равна 50%. Регулируется через многофункциональную ручку или цифровую клавиатуру. Диапазон: от 0,1% до 99,9%.

## 7) Установка постоянного напряжения (DC Voltage)

По умолчанию DC = 0 В. Можно установить с помощью многофункциональной ручки или цифровой клавиатуры. Диапазон: ±3 В при высоком сопротивлении (High Z); ±1,5 В при нагрузке 50 Ом.

## 8) Установка сигнала шума (Noise Wave)

По умолчанию генератор создаёт гауссов шум с амплитудой 100 мВ (пик-пик) и DC-смещением 0 В. Амплитуду и смещение можно регулировать с помощью многофункциональной ручки или цифровой клавиатуры.

### 17.3 Расширенные функции

Генератор AWG поддерживает вывод AM (амплитудной) и FM (частотной) модуляции. Нажмите клавишу AWG, чтобы включить генератор функциональных/произвольных сигналов и войти в меню. Затем нажмите MENU, чтобы включить режим модуляции. Пример настройки приведён для канала CH1.

#### 1) Амплитудная модуляция (AM)

При амплитудной модуляции результирующая волна состоит из несущего сигнала и модулирующего сигнала. Амплитуда несущего изменяется в соответствии с амплитудой модулирующего сигнала.

##### а) Включение амплитудной модуляции

Нажмите MENU, чтобы открыть список меню, затем выберите Modulate, чтобы активировать амплитудную модуляцию, как показано на рисунке 17-3.

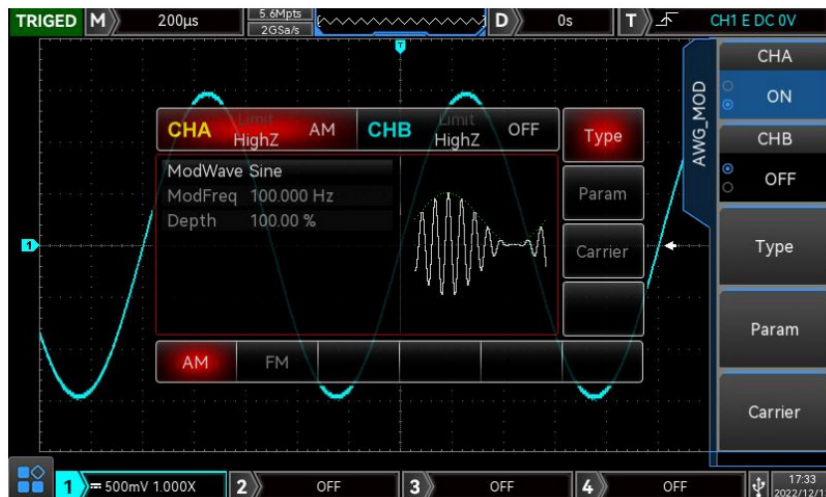


Рис. 17-3

### б) Несущая волна (Carrier Wave)

Несущая волна при амплитудной модуляции (AM) может иметь любую из следующих форм: синусоидальную (sine), прямоугольную (square), пилообразную (ramp), импульсную (pulse) или произвольную (arbitrary), за исключением DC (постоянного сигнала). По умолчанию используется синусоидальная форма волны. После выбора режима AM Modulating нажмите мягкую клавишу Carrier, чтобы войти в меню выбора несущей волны. Далее поверните многофункциональную ручку (Multipurpose Knob), чтобы выбрать нужный тип волны, как показано на рисунке 17-4.

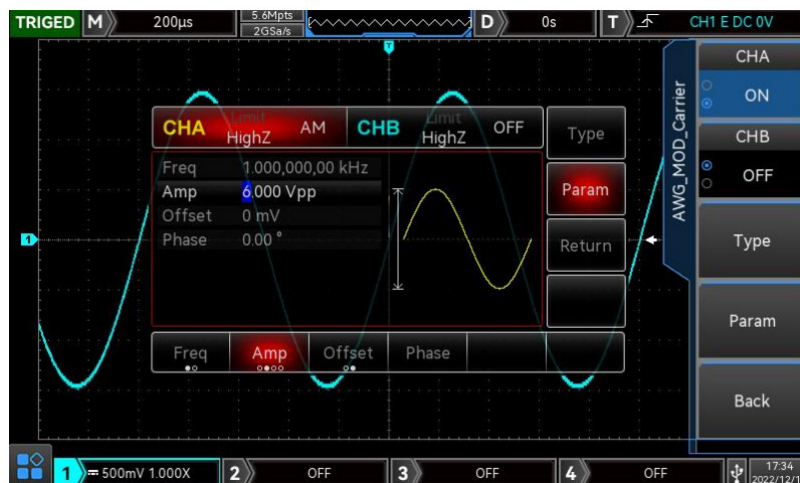


Рис. 17-4

### с) Частота несущей (Carrier Frequency)

Для разных форм несущих волн диапазон частот различается. По умолчанию частота несущей волны составляет 1 кГц. Диапазон частот для каждой формы приведён в таблице 17-1.

Таблица 17-1

Форма несущей волны	Частота	
	Минимальная	Максимальная
Синусоидальная волна (Sine Wave)	1 $\mu$ Гц	50 МГц
Прямоугольная волна (Square Wave)	1 $\mu$ Гц	15 МГц

Пилообразная волна (Ramp Wave)	1 $\mu$ Гц	400 кГц
Импульсная волна (Pulse Wave)	1 $\mu$ Гц	15 МГц
Произвольная волна (Arbitrary Wave)	1 $\mu$ Гц	5 МГц

После выбора формы несущей волны установите её частоту, используя многофункциональную ручку (Multipurpose Knob) или цифровую клавиатуру.

#### d) Модулирующая волна (Modulating Wave)

Модулирующая волна может иметь одну из следующих форм: синусоидальная, прямоугольная, пилообразная (нарастающая или спадающая), произвольная или шум. По умолчанию используется синусоидальная волна. После включения функции АМ на экране появится синус. Выберите тип модулирующей волны с помощью многофункциональной ручки.

- Прямоугольная волна: коэффициент заполнения 50 %.
- Нарастающая пила (rising ramp): симметрия 100 %.
- Спадающая пила (falling ramp): симметрия 0 %.
- Произвольная волна: длина ограничена 4 kpts (автоматически устанавливается по режиму дискретизации).
- Шум: белый гауссов шум (White Gauss Noise).

#### e) Установка частоты модулирующей волны

Частота модулирующей волны задаётся в диапазоне от 2 мГц до 50 кГц (по умолчанию — 100 Гц). Когда функция АМ активирована, на экране отображается текущая частота. Задаётся с помощью многофункциональной ручки или цифровой клавиатуры.

#### f) Установка глубины модуляции (Modulating Depth)

Глубина модуляции отражает изменение амплитуды, выражается в процентах. Диапазон регулировки — 0 % – 120 %, по умолчанию — 50 %. Регулируется с помощью многофункциональной ручки или цифровой клавиатуры.

- При глубине модуляции 0 % — на выходе постоянная амплитуда (половина амплитуды несущего сигнала).
- При 100 % амплитуда изменяется синхронно с модулирующим сигналом.
- При глубине > 100 % амплитуда не превышает 10 В пик-пик (при нагрузке 50  $\Omega$ ).

## 2) Частотная модуляция (FM)

При частотной модуляции результирующая волна состоит из несущего сигнала и модулирующего сигнала, при этом частота несущего изменяется в зависимости от амплитуды модулирующей волны.

#### a) Включение частотной модуляции

Нажмите кнопку MENU, чтобы открыть список меню, затем выберите Modulate, чтобы активировать частотную модуляцию (FM) — как показано на рисунке 17-5.

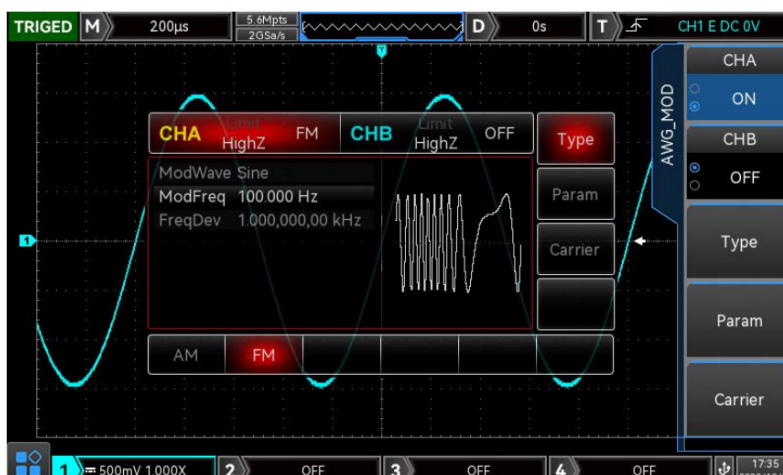


Рис. 17-5

## b) Выбор формы несущей волны

Несущая волна при частотной модуляции (FM) может быть: синусоидальной, прямоугольной, пилообразной, импульсной или произвольной (за исключением постоянного сигнала DC). По умолчанию используется синусоидальная волна. После выбора FM Modulating нажмите мягкую клавишу Carrier, чтобы войти в меню выбора формы несущей волны. Затем поверните многофункциональную ручку (Multipurpose Knob) для выбора желаемой формы, как показано на рисунке 17-6.

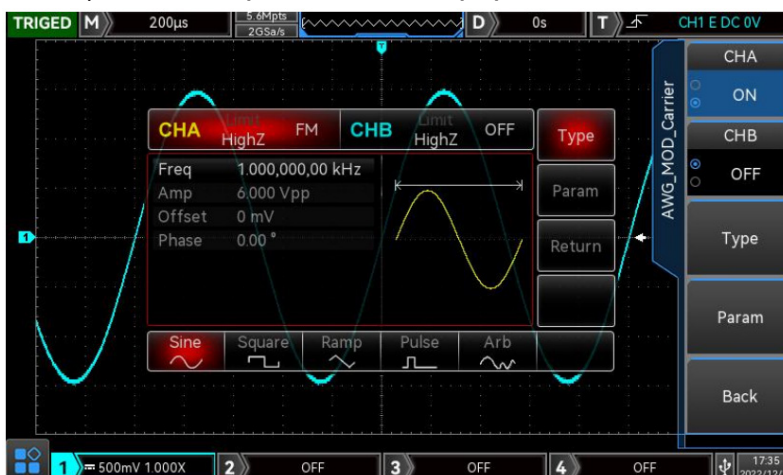


Рис. 17-6

## c) Частота несущей волны

См. раздел «Частота несущей при AM-модуляции» — диапазон тот же.

## d) Модулирующая волна

См. раздел «Модулирующая волна при AM-модуляции» — принципы и типы совпадают.

## e) Установка частоты модулирующей волны

Задайте частоту модулирующей волны в диапазоне от 2 мГц до 50 кГц (по умолчанию — 100 Гц). После активации функции FM на экране появится значение частоты 100 Гц. Регулировка частоты выполняется при помощи многофункциональной ручки (Multipurpose Knob) или цифровой клавиатуры.

## f) Установка смещения частоты

Смещение частоты представляет собой отклонение частоты модулированного сигнала FM относительно несущей частоты. Смещение может устанавливаться

от минимального значения DC до половины полосы пропускания текущей несущей частоты. По умолчанию значение смещения — 100 Гц. Частоту смещения можно регулировать с помощью многофункциональной ручки (Multipurpose Knob) или цифровой клавиатуры.

- Смещение частоты  $\leq$  несущая частота. Если значение смещения превышает частоту несущей, прибор автоматически ограничит смещение до максимально допустимого для текущей несущей.
- Сумма смещения и несущей частоты  $\leq$  максимально допустимая частота для данной несущей. Если введено недопустимое значение, прибор автоматически установит максимально возможное смещение в рамках текущего диапазона несущей.

### 3) Вывод произвольной волны (Output Arbitrary Wave)

Осциллограф содержит 200 типов произвольных сигналов, каждый из которых имеет собственное имя, соответствующее встроенному списку.

#### а) Включение вывода произвольной волны

Нажмите кнопку MENU, выберите WAVE и активируйте параметр arbitrary wave, чтобы включить вывод произвольного сигнала. Осциллограф выведет сигнал в соответствии с текущими настройками — как показано на рисунке 17-7.



Рис. 17-7

#### б) Режим "Точка за точкой" / Режим воспроизведения

Генератор сигналов AWG поддерживает вывод произвольных сигналов точка за точкой. В этом режиме прибор автоматически рассчитывает частоту выходного сигнала на основе длины формы волны и частоты дискретизации. Генератор выводит точки волны последовательно, одну за другой. Такой режим предотвращает потерю важных точек формы сигнала, обеспечивая точную передачу оригинального сигнала. Значение по умолчанию — «No» (Нет). В этом случае осциллограф выводит произвольную форму сигнала фиксированной длины и частоты, используя автоматическую интерполяцию и дискретизацию. Режим воспроизведения (Play) можно установить через интерфейс произвольных сигналов, поворотом многофункциональной ручки (Multipurpose Knob). Поддерживается максимальная длина сигнала до 512k точек.

#### в) Выбор произвольной формы волны

Пользователь может выбрать произвольную форму сигнала из встроенных в осциллограф шаблонов, а также из внутренней или внешней памяти устройства. После активации функции произвольного сигнала можно поворачивать

многофункциональную ручку (Multipurpose Knob), чтобы выбрать нужную волну из разных источников хранения. Список встроенных форм сигналов приведён в таблице 17-2.

Таблица 17-2

Тип	Название	Описание
Common Function (11 видов)	NegRamp	Обратная пилообразная волна
	PPulse	Положительный импульс
	NPulse	Отрицательный импульс
	Sinc	Функция sinc
	Cardiac	Электрокардиограмма
	EEG	Электроэнцефалограмма
	DualTone	Двухтоновый сигнал
	AbsSine	Абсолютное значение синусоиды
	StairDn	Ступенчатое убывание
	StairUp	Ступенчатое возрастание
	Trapezia	Трапецеидальный сигнал
	BandLimited	Сигнал с ограниченной полосой
	Engine (23 видов)	BlaseiWave
Butterworth		Фильтр Баттерворта
Chebyshev1		Фильтр Чебышёва 1-го порядка
Chebyshev2		Фильтр Чебышёва 2-го порядка
Combin		Комбинированная функция
CPulse		Сигнал C-Pulse
CWPulse		Сигнал CW-импульс
DampedOsc		Заглушённые колебания «время–смещение»
Gamma		Гамма-сигнал
GateVibar		Вибрационный сигнал затвора
LFMPulse		Импульс с линейной частотной модуляцией
MCNoise		Механический шум
Discharge		Кривая разряда никель-металлгидридного элемента
Pahcur		Ток бесщёточного двигателя постоянного тока
Quake		Волна землетрясения
Radar		Радиолокационный сигнал
Ripple		Пульсации мощности
RoundHalf		Полусферическая волна
StepResp		Сигнал ступенчатой характеристики
SwingOsc		Кривая колебаний «время–амплитуда»
TV	Телевизионный сигнал	
Voice	Голосовой сигнал	

Maths (26 видов)	Airy	Функция Эйри
	Besselj	Функция Бесселя первого рода
	Besselk	Функция Бесселя К
	Bessely	Функция Бесселя второго рода
	Cauchy	Распределение Коши
	Cubic	Кубическая функция
	Dirichlet	Функция Дирихле
	Erf	Функция ошибок
	Erfc	Комплементарная функция ошибок
	ErfcInv	Обратная комплементарная функция ошибок
	ErfInv	Обратная функция ошибок
	ExpFall	Экспоненциальное затухание
	ExpRise	Экспоненциальное нарастание
	GammaIn	Неполный логарифм гамма-функции
	Gauss	Гауссово распределение (нормальное распределение)
	HaverSine	Гаверсинус
	Laguerre	Полином Лагерра 4-го порядка
	Laplace	Распределение Лапласа
	Legend	Полином Лежандра 5-го порядка
	LogNormal	Логарифмически-нормальное распределение
	Lorentz	Функция Лоренца
	Maxwell	Распределение Максвелла
	Rayleigh	Распределение Рэля
	Versiera	Кривая Версьеры
	Weibull	Распределение Вейбулла
	ARB_X2	Квадратная функция
SectMod (5 видов)	AM	Сегмент синусоиды с амплитудной модуляцией
	FM	Синусоидальный сегмент с частотной модуляцией
	PFM	Импульсный сегмент с частотной модуляцией
	PM	Синусоидальный сегмент с фазовой модуляцией
	PWM	Импульс с широтно-частотной модуляцией

Bioelect (4 вида)	EOG	Электроокулограмма
	EMG	Электромиограмма
	Pulseilogram	Сфигмограмма (пульсовая кривая обычного человека)
	ResSpeed	Кривая скорости выдоха человека
Medical (4 вида)	LFPulse	Импульс низкочастотной электростимуляции
	Tens1	Электростимуляция нерва, волна 1
	Tens2	Электростимуляция нерва, волна 2
	Tens3	Электростимуляция нерва, волна 3
Standard (17 видов)	Ignition	Сигнал зажигания двигателя внутреннего сгорания автомобиля
	ISO16750-2 SP	Профиль запуска автомобиля с колебаниями
	ISO16750-2 Starting1	Форма напряжения автомобиля при запуске 1
	ISO16750-2 Starting2	Форма напряжения автомобиля при запуске 2
	ISO16750-2 Starting3	Форма напряжения автомобиля при запуске 3
	ISO16750-2 Starting4	Форма напряжения автомобиля при запуске 4
	ISO16750-2 VR	Профиль рабочего напряжения автомобиля при перезапуске
	ISO7637-2 TP1	Из-за отключения питания возникает переходный процесс в автомобиле
	ISO7637-2 TP2A	Из-за индуктивности в проводке возникает переходный процесс
	ISO7637-2 TP2B	Из-за загрузки или выключения питания возникает переходный процесс
	ISO7637-2 TP3A	Из-за преобразования сигнала возникает переходный процесс
	ISO7637-2 TP3B	Из-за преобразования сигнала возникает переходный процесс
	ISO7637-2 TP4	Профиль работы автомобиля при запуске системы
	ISO7637-2 TP5A	Из-за зарядки или отключения питания возникает переходный процесс
	ISO7637-2 TP5B	Из-за зарядки и отключения питания возникает переходный процесс в автомобиле
	SCR	Синтеринг — характеристика разряда SCR
	Surge	Импульс перенапряжения

Trigonome (20 видов)	CosH	Гиперболический косинус
	CosInt	Интегральный косинус
	Cot	Котангенс
	CotHCon	Обратный гиперболический котангенс
	CotHPro	Повышенный гиперболический котангенс
	CscCon	Обратный косеканс
	CscPro	Повышенный косеканс
	CotH	Гиперболический котангенс
	CscHCon	Обратный гиперболический косеканс
	CscHPro	Повышенный гиперболический косеканс
	RecipCon	Обратная величина
	RecipPro	Повышенная обратная величина
	SecCon	Обратный секанс
	SecPro	Повышенный секанс
	SecH	Гиперболический секанс
	SinH	Гиперболический синус
	SinInt	Интегральный синус
	Sqrt	Квадратный корень
Tan	Тангенс	
TanH	Гиперболический тангенс	
AntiTrigonome (17 видов)	ACos	Арккосинус
	ACosH	Гиперболический арккосинус
	ACotCon	Обратный арккотангенс
	ACotPro	Повышенный арккотангенс
	ACotHCon	Обратный гиперболический арккотангенс
	ACotHPro	Повышенный гиперболический арккотангенс
	ACscCon	Обратный арккосеканс
	ACscPro	Повышенный арккосеканс
	ACscHCon	Обратный гиперболический арккосеканс
	ACscHPro	Повышенный гиперболический арккосеканс
	ASecCon	Обратный арксеканс
	ASecPro	Повышенный арксеканс
	ASecH	Гиперболическая арксеканс-функция
	ASin	Арксинус
	ASinH	Гиперболический арксинус
ATan	Арктангенс	
ATanH	Гиперболический арктангенс	

Noise (6 видов)	NoiseBlue	Синий шум
	NoiseBrown	Коричневый (или красный) шум
	NoiseGray	Серый шум
	NoisePink	Розовый шум
	NoisePurple	Фиолетовый шум
	Noisewhite	Белый шум
Window Function (17 видов)	Bartlett	Окно Бартлетта
	BarthannWin	Окно Бартлетта-Хэнна
	Blackman	Окно Блэкмана
	BlackmanH	Окно Блэкмана-Харриса
	BohmanWin	Окно Бомана
	Boxcar	Прямоугольное окно
	ChebWin	Окно Чебышева
	GaussWin	Окно Гаусса
	FlattopWin	Плоское окно (Flattop)
	Hamming	Окно Хэмминга
	Hanning	Окно Хэннинга
	Kaiser	Окно Кайзера
	NuttallWin	Минимальное окно 4-го порядка Блэкмана-Харриса
	ParzenWin	Окно Парзена
	TaylorWin	Окно Тейлора
Triang	Треугольное окно (также известное как окно Фейера)	
TukeyWin	Окно Тьюки	
Complex Wavelets (7 видов)	Complex Frequency B-spline	Комплексная B-сплайн функция
	Complex Gaussian	Комплексная функция Гаусса
	Complex Morlet	Комплексная вейвлет-функция Морле
	Complex Shannon	Комплексная функция Шеннона
	Mexican hat	Вейвлет «Мексиканская шляпа»
	Meyer	Вейвлет Майера
	Morlet	Вейвлет Морле
Other (43 вида)	ABA_1_1	
	ABA_1_2	
	ALT_03	
	ALT_04	
	ALT_05	
	AUDIO	

Other (43 вида)	AbsSineHalf	
	AmpALT	
	AttALT	
	COIL_2_1	
	COIL_2_2	
	DC_04	
	ECT_1_2	
	EGR_2	
	EGR_3_2	
	EST_03_2	
	GaussPulse	
	Gaussian monopulse	
	IAC_1_1	
	INJ_1_1	
	INJ_2	
	INJ_3	
	INJ_4	
	INJ_5_6	
	INJ_7	
	KS_1_1	
	Log10	
	MAF_1_1	
	MAF_1_2	
	MAF_5_3	
	MAP_1_1	
	MAP_1_2	
	MC_3	
	O2PROPA1	
	O2PROPA2	
	O2SNAP	
	RounsPM	
	STAR02_1	
	SineTra	
	SineVer	
	StairUD	
	TPS_1_1	
	TPS_1_2	

#### 17.4 Общие настройки

Нажмите клавишу MENU, чтобы войти в список меню, затем нажмите клавишу Utility, чтобы задать общие параметры канала, как показано в таблице 17-3.

Таблица 17-3

Меню функции	Подфункция	Параметр	Описание
СНА и СНВ настройки	Channel output	OFF, ON	Устанавливает состояние выхода канала. По умолчанию — OFF (выключено)
	Channel inverse	OFF, ON	Устанавливает инверсию канала. По умолчанию — OFF
	Load	50Ω, высокая сопротивляемость	Устанавливает нагрузку канала. По умолчанию — высокая сопротивляемость
	Amplitude limit	OFF, ON	Включает или выключает ограничение амплитуды. По умолчанию — OFF
	Upper limit of amplitude		Устанавливает верхний предел амплитуды выходного сигнала канала
	Lower limit of amplitude		Устанавливает нижний предел амплитуды выходного сигнала канала

## 18. Дополнительные функциональные клавиши

- Automatic Setting — автоматическая настройка
- Run/Stop — запуск/остановка
- CLEAR — очистка
- Factory Setting — заводские настройки

### 18.1 Автоматическая настройка

Функция автоматической настройки выбирает подходящую шкалу развертки по времени, шкалу амплитуды и параметры синхронизации в соответствии с входным сигналом, чтобы форма сигнала автоматически отображалась на экране. Нажмите клавишу AUTO, чтобы включить автоматическую настройку.

Автоматическая настройка применяется только в следующих случаях:

- 1) Автоматическая настройка подходит только для простых сигналов с одной частотой. Эффективная автоматическая настройка невозможна для сложных комбинированных сигналов.
- 2) Измеряемая частота сигнала должна быть не менее 20 Гц, амплитуда — не менее 20 мВ (пиков-пик); коэффициент заполнения прямоугольной волны должен быть больше 5%.

### 18.2 Запуск/Остановка

Используйте клавишу RUN/STOP на передней панели для установки режима. Когда нажимается эта клавиша и загорается зелёный индикатор, прибор находится в режиме RUN (запуск). Если после нажатия горит красный индикатор, прибор находится в режиме STOP (остановка).

В режиме RUN осциллограф непрерывно считывает форму сигнала, а в верхней части

экрана отображается надпись "AUTO". В режиме STOP осциллограф прекращает считывание, и в верхней части экрана отображается "STOP". Нажатие клавиши RUN/STOP переключает режим между запуском и остановкой.

### 18.3 Очистка

Используйте клавишу CLEAR на передней панели. Эта клавиша очищает вызванную из памяти эталонную форму сигнала, отображаемую на экране.

### 18.4 Восстановление заводских настроек

Нажмите клавишу DEFAULT на передней панели, чтобы быстро восстановить заводские параметры осциллографа. Для серии MSO/UPO2000 заводские настройки цифрового фосфорного осциллографа приведены в таблице 18-1.

Таблица 18-1

Система	Функция	Заводская настройка
Вертикальная система	CH1	200 мВ/дел
	Смещение по вертикали	0 (средняя точка)
	Нулевая позиция	0 (средняя точка)
	Тип соединения	DC
	Ограничение полосы пропускания	Полная полоса
	Вольт/деление	Грубая настройка
	Коэффициент тонкой регулировки	0
	Щуп	1×
	Инверсия фазы	OFF
	Единицы измерения	V
	Каналы CH2, CH3, CH4	OFF
	Каналы MATH, REF	OFF
Горизонтальная система	Дополнительное окно	OFF
	Разделённый экран	OFF
	Многоканальные осциллограммы	OFF
	Выбор базы времени	Расширенная база времени
	Режим	YT
	X-Y-CH	CH1-CH2
	Горизонтальная база времени	1 мкс/дел
	Горизонтальное смещение	0 (средняя точка)

Система синхронизации	Режим синхронизации	По фронту (Edge)
	Полярность триггера 1	Восходящий фронт
	Режим связи	DC
	Условие триггера	Больше чем (Greater than)
	Нижний предел времени	20 нс
	Верхний предел времени	20 нс
	Подсчёт фронтов	1
	Позиция линии триггера L	0
	Позиция линии триггера H	0
	Режим триггера	Авто
	Время удержания триггера	100 нс
	Источник 1	CH1
	Источник 2	CH1
	Полярность триггера 2	Восходящий фронт
	Видео-триггер	PAL
	Синхронизация видео-триггера	EVEN
Указанная строка видео-триггера	1	
Дисплей	Формат	Векторный
	Отображение сетки	Полное отображение
	Прозрачность всплывающих окон	85%
	Отображение меню	Ручное
	Яркость подсветки	50%
	Продолжительность	Минимальная
	Цвет температуры	OFF
	Антитемпературная коррекция	OFF
	Яркость сетки	50%
	Яркость сигнала	50%
MATH (Математика)	Тип	MATH
	Источник 1	CH1
	Оператор	+
	Источник 2	CH1
	Увеличение щупа	x1
	Оконная функция FFT	Хэмминга
	Единицы FFT	dBm
	Количество FFT	Авто
	Режим метки FFT	OFF
	Разделённый экран FFT	OFF
	Порог метки FFT	0
Цифровой фильтр	Низкочастотный	

Измерения	Основной источник измерений	CH1
	Измерение всех параметров	OFF
	Пользовательский параметр	OFF
	Статистика	OFF
	Вторичный источник (Slave)	CH1
	Индикатор включен	OFF
	Тип индикатора	Максимум
Тест «Проход/ Ошибка»	Выход	Fail
	Источник	CH1
	Отображение	OFF
	Тип остановки	По времени ошибки
	Условие остановки	Равно или больше
	Порог	1
	Эталонная форма сигнала	CH1
	Горизонтальное положение	5
	Вертикальное положение	5
Декодирование шины	Тип декодирования	RS232
	Состояние шины	OFF
	Формат отображения	Шестнадцатеричный
	Список событий	OFF
	Позиция шины	10
	Источник RS232	CH1
	Полярность RS232	Отрицательная
	Скорость передачи RS232	2400
	Пользовательская скорость RS232	9600
	Длина бита RS232	7 бит
	Порядок бит RS232	MSB
	Стоп-бит RS232	1
	Контроль чётности RS232	Нет
	Условие запуска RS232	Начальный кадр
	Данные RS232	0
	Линия SCL I <sup>2</sup> C	CH1
	Линия SDA I <sup>2</sup> C	CH1
	Ширина адреса I <sup>2</sup> C	7 бит
	Адрес I <sup>2</sup> C	0
	Маска адреса I <sup>2</sup> C	0
	Направление работы I <sup>2</sup> C	Запись
Условие запуска I <sup>2</sup> C	Вкл.	
Размер байта I <sup>2</sup> C	1	
Данные I <sup>2</sup> C	0	

Декодирование шины	Маска подсети I <sup>2</sup> C	0
	SPI CS	CH1
	SPI CLK	CH1
	SPI MOSI	CH1
	SPI MISO	CH1
	Полярность SPI CS	Положительная
	Полярность SPI CLK	Положительная
	Полярность SPI MOSI	Положительная
	Полярность SPI MISO	Положительная
	Порядок бит SPI	MSB
	Разрядность бита SPI	8 би
	Время простоя SPI	100 нс
	Размер кадра SPI	1
	Данные SPI MOSI	0
	Маска подсети SPI MOSI	0
LA (Логический анализатор)	Нижний порог 8 каналов (пользовательский)	0
	Верхний порог 8 каналов (пользовательский)	0
	Время защиты от дрожания (BUS 1)	0
	Время защиты от дрожания (BUS 2)	0
Прочие настройки системы	Частотомер	Вкл.
	Выход прямоугольных импульсов	1 кГц
	Синхронизированный выход	OFF
	SCPI-порт	USB
	DHCP	Ручной
	Язык	Текущее значение
	Режим выборки	Обычная выборка
	Среднее число выборок	2
	Глубина памяти	Авто
	Тип курсора	OFF
	Режим курсора	Независимый
	Горизонтальная единица курсора	Секунда
	Канал курсора	CH1
	Автоматический выбор канала	Autoset
	Автоматическая выборка	Autoset
	Автоматический триггер	Autoset
	Автоматический сигнал	Autoset
	Текущий выбранный канал	CH1
Логический анализатор	OFF	

Прочие настройки системы	Состояние RUN/STOP	RUN
	Веб-пароль	uni-t

## 19. Системные уведомления и устранение неисправностей

### 19.1 Описание системных уведомлений

В этом разделе приведены системные уведомления и их пояснение (см. таблицу 19-1).

Таблица 19-1

Adjusting is up to extremity!	Указывает, что регулировка достигла предельного значения в текущем состоянии. Дальнейшая настройка невозможна. Это уведомление появляется при достижении предела регулировки шкалы по вертикали, базы времени, горизонтального смещения, вертикального смещения, уровня триггера или времени триггера.
There is no valid data!	Отображается при попытке сохранить форму сигнала, если данные отсутствуют.
Warning! It will clear all saved waveforms and settings.	Появляется при использовании функции очистки — все сохранённые формы сигналов и настройки будут удалены.
Forbidden function!	Появляется при попытке открыть список событий, когда шина отключена, либо при переключении последовательного порта в режим Roll.
Fail to create a template!	Появляется, если эталонная форма сигнала не открыта в шаблоне Pass/Fail или при попытке запустить тест Pass/Fail без шаблона.
There is no record data!	Появляется при использовании функций воспроизведения или остановки, если отсутствуют записанные данные.
Attention! Pass/Fail function is invalid when the scanning is turned on.	Появляется при включении функции теста Pass/Fail во время активного режима сканирования.
I/O operation is failed!	Появляется при ошибке сохранения данных (например, данных Code) или формы сигнала.
Attention! It will restore the system to factory setting.	Появляется при использовании функции восстановления заводских настроек.
Storage is failed, please format USB to FAT.	Появляется, если используется USB-накопитель в формате, отличном от FAT, при попытке сохранить данные.

No USB has detected, please insert USB device!	Появляется, если USB-устройство не подключено.
Remove all input signals.	Появляется при выполнении калибровки аналоговых каналов или логического анализатора (LA).
Auto-calibration is completed!	Появляется после завершения автокалибровки.
Channel has no signal!	Появляется, если на выбранном канале отсутствует сигнал.
The record function is invalid in Roll mode!	Появляется при попытке записать форму сигнала в режиме Roll (покадровая прокрутка).
There is no parameter can be use, please select user-defined measurement parameter!	Появляется, если при включении статистики измерений не выбран пользовательский параметр.
Data storage is successful!	Появляется после успешного сохранения формы сигнала, файла настроек или произвольной формы сигнала.
Data storage is failed!	Появляется при неудачном сохранении формы сигнала, файла настроек или произвольной формы сигнала.
Loading file is successful!	Появляется после успешного вызова ранее сохранённой настройки или формы сигнала.
Loading file is failed!	Появляется, если сохранённые данные не найдены при вызове настройки или формы сигнала.
Invalid expression!	Появляется при некорректном выражении в расширенных математических операциях MATH.
Screenshot is successful!	Появляется при успешном сохранении снимка экрана (при сохранении изображения или использовании клавиши PrtSc).
The update path was not found!	Появляется, если USB-накопитель не вставлен и не может предоставить путь к файлу обновления во время обновления прибора.
The update file was not found!	Появляется, если USB не содержит файл обновления, необходимый для обновления прибора.
The filename cannot be empty!	Появляется, если имя файла не указано при сохранении формы сигнала, файла настроек или произвольной волны.

Language package is error, please check the language package!	Появляется при ошибке языкового пакета.
Clear data is successful!	Появляется после успешного завершения функции очистки данных.
In Multi-Scopes, this function is invalid!	Появляется при использовании расширенного окна, записи сигнала, загрузке формы, теста Pass/Fail, функций MATH, DECODE, LA или рисования прямоугольников в режиме Multi-Scopes.
The program is updating, do not reboot!	Появляется во время обновления программного обеспечения прибора.
It cannot be canceled during update!	Появляется, если нажать «Cancel» во время обновления программы.
Update is failed, please check the update package and version!	Появляется, если обновление программы не завершено корректно.
Update is completed, reboot system now?	Появляется после завершения обновления с предложением перезагрузить систему
It is in recording, please exit the recording!	Появляется, если нажать другую функциональную клавишу во время записи формы сигнала.
In Multi-Scopes mode, the adjustment is up to extremity!	Появляется при попытке регулировки горизонтальной базы времени ниже 20 мс в режиме Multi-Scopes.
In XY mode, this function cannot be used!	Появляется при попытке использовать функции MATH, REF, LA или DECODE в режиме XY.
Start to update?	Появляется при выборе файла обновления перед началом процедуры обновления.
The channel is not open!	Появляется, если выбранный канал не активирован для курсорных измерений, шаблона Pass/Fail, сохранения сигнала или произвольной формы.
Turn on allow to test!	Появляется при включении функции разрешения теста (Allow to Test).
Waveform reference channel is not open, there is no valid data!	Появляется, если опорный сигнал (REF) не загружен при попытке настроить горизонтальное или вертикальное смещение в тесте Pass/Fail.
It's not allow to test in XY and the main window mode!	Появляется при включении теста Pass/Fail, когда одновременно активен режим XY и основное окно.
Turn off scanning!	Появляется при нажатии другой клавиши во время активного режима сканирования.

There is no opened channel, please turn on channel to record!	Появляется, если все аналоговые каналы выключены во время записи формы сигнала.
In Multi-Scopes, LA is forbidden!	Появляется при включении функции Multi-Scopes, если затем активируется LA (логический анализатор).
In FFT split screen mode, this function is invalid!	Появляется при использовании теста Pass/Fail, диаграммы Боде, перезагрузке формы сигнала или функции LA в режиме разделённого экрана FFT либо в режиме водопадной кривой.
In FFT split screen mode, Pass/Fail test is forbidden!	Появляется при включении теста Pass/Fail в режиме разделённого экрана FFT.
The file list is empty!	Появляется, если список файлов пуст при попытке перезагрузки эталонной формы, файла настроек или диаграммы Боде.
Auto-calibration is canceled!	Появляется при нажатии клавиши MENU для отмены автокалибровки.
Restored to factory setting, internet parameter is not change!	Появляется при отправке команды восстановления заводских настроек через SCPI, если параметры сети остаются без изменений.
Shut down, please wait...	Появляется при завершении работы прибора.
Turn off quick record and set record interval!	Появляется при установке временного интервала в режиме быстрой записи.
No correct license is detected. Confirm the purchase and try again!	Появляется, если при вставке USB-носителя для активации дополнительной функции отсутствует корректная лицензия.
Activation is successful!	Появляется при успешной активации лицензии с USB-накопителя.
This function is not activated, please purchase activation code!	Появляется при попытке использования функции, требующей активации после окончания пробного периода.
The function is in trial. If need to use it in the long run, please purchase activation code!	Появляется при использовании функции в пробном режиме (Trial).

## 19.2 Поиск и устранение неисправностей

### 1) Осциллограф не включается (экран пуст)

- a) Убедитесь, что осциллограф подключён к источнику питания и питание исправно.
- b) Проверьте, включён ли действительно сетевой выключатель. Индикатор питания должен гореть зелёным, если прибор работает нормально, и при запуске должен быть слышен щелчок реле.
- c) Если щелчок реле слышен — прибор запускается. Попробуйте следующее:

- нажмите клавишу DEFAULT, затем F1. Если экран стал видимым, это означает, что яркость подсветки была установлена слишком низко.
- d) После выполнения этих действий перезапустите осциллограф.
  - e) Если устройство всё ещё не работает — свяжитесь с технической поддержкой UNI-T.
- 2) После захвата сигнала форма волны не отображается
- a) Проверьте, правильно ли подключён разъём BNC.
  - b) Убедитесь, что выход канала включён.
  - c) Проверьте, включен ли канал входного сигнала.
  - d) Проверьте, имеется ли смещение постоянного тока в сигнале источника информации.
  - e) Отключите входной сигнал, проверьте, находится ли базовая линия в пределах экрана (если нет, выполните автокалибровку).
  - f) Если прибор по-прежнему не работает, обратитесь в UNI-T.
- 3) Измеренное значение амплитуды напряжения в 10 раз больше или меньше реального: Проверьте, совпадает ли установленный коэффициент ослабления щупа с реальным коэффициентом ослабления используемого пробника.
- 4) На экране есть сигнал, но он нестабилен:
- a) Проверьте источник синхронизации (Trigger Source) и убедитесь, что он соответствует входному каналу фактического сигнала.
  - b) Для обычных сигналов рекомендуется использовать тип синхронизации Edge (по фронту) — только корректно выбранный тип триггера обеспечивает стабильное отображение.
  - c) Измените режим связи триггера (Trigger Coupling) на высокочастотное или низкочастотное подавление, чтобы устранить помехи, мешающие срабатыванию триггера.
- 5) Сигнал не отображается после нажатия кнопки Run/Stop:
- a) Проверьте, установлен ли на панели триггера (TRIGGER) режим Normal или Single, и не превышает ли уровень триггера диапазон формы сигнала.
  - b) Если превышает — установите уровень триггера в среднее положение или измените режим триггера на Auto.
  - c) Нажатие кнопки AUTO автоматически выполнит эти настройки.
- 6) Медленное обновление формы сигнала:
- a) Проверьте, не установлен ли метод усреднения (Average) и слишком ли велико количество усреднений.
  - b) Проверьте, не слишком ли велик параметр Holdoff Time.
  - c) Проверьте, не активирован ли одиночный триггер (Single Trigger) и медленная временная база.
  - d) Эти факторы вызывают замедление обновления формы сигнала. Рекомендуется восстановить заводские настройки — после этого обновление формы вернётся к нормальной скорости.

## 20. Приложение

### 20.1 Приложение А. Техническое обслуживание и очистка

#### 1) Общее обслуживание

Держите прибор подальше от прямых солнечных лучей.

**Внимание:** Избегайте попадания аэрозолей, жидкостей и растворителей на прибор или щуп, чтобы предотвратить повреждения.

## 2) Очистка

Регулярно проверяйте состояние прибора в зависимости от условий эксплуатации.

Для очистки внешней поверхности прибора выполните следующие шаги:

- a) Используйте мягкую ткань, чтобы удалить пыль с внешней поверхности прибора.
- b) При очистке ЖК-экрана проявляйте осторожность и защищайте прозрачную поверхность дисплея.
- c) При очистке пылевого фильтра используйте отвертку, чтобы снять винты крышки фильтра, затем снимите сам фильтр. После очистки установите пылевой фильтр обратно в обратном порядке.
- d) Отключите питание прибора, затем протрите его слегка влажной (но не мокрой) мягкой тканью. Не используйте абразивные или химически активные чистящие средства на приборе или щупах.

**Предупреждение:** Перед использованием убедитесь, что прибор полностью высох, чтобы избежать короткого замыкания или травм, вызванных влагой.

## 20.2 Приложение В — Гарантия

Компания UNI-T (UNI-TREND TECHNOLOGY (CHINA) CO., LTD.) гарантирует, что продукция, произведённая и проданная через авторизованных дилеров, не имеет дефектов материалов и сборки в течение одного года со дня поставки. Если в течение гарантийного срока будет обнаружен производственный дефект, UNI-T отремонтирует или заменит изделие в соответствии с условиями гарантии.

Чтобы оформить ремонт или получить гарантийный талон, свяжитесь с ближайшим отделом продаж или сервисным центром UNI-T.

Кроме того, помимо указанной гарантии или иных страховых обязательств, UNI-T не предоставляет никаких дополнительных или подразумеваемых гарантий, включая, но не ограничиваясь, гарантиями пригодности для конкретной цели.

Во всех случаях UNI-T не несёт ответственности за косвенные, особые или сопутствующие убытки.

## 20.3 Приложение С — Контакты

Если использование прибора вызвало неудобства, вы можете связаться с компанией UNI-T (если находитесь в материковом Китае) напрямую:

Служба поддержки: с 8:00 до 17:30 (UTC+8), с понедельника по пятницу.

Email: [infosh@uni-trend.com.cn](mailto:infosh@uni-trend.com.cn)

Для клиентов за пределами Китая — обращайтесь к местному дистрибьютору или дилеру UNI-T. Многие продукты UNI-T поддерживают продление гарантии и срока калибровки — уточните у вашего местного представителя.

Чтобы получить список адресов сервисных центров, посетите официальный сайт: <http://www.uni-trend.com>