

RIGOL

Цифровой осциллограф RIGOL Серия MHO/DHO5000

Инструкция по эксплуатации

Содержание

1 Требования безопасности	10
1.1 Общие сведения о безопасности	10
1.2 Предупреждения и обозначения безопасности	11
1.3 Категория измерений	12
1.4 Требования к вентиляции	12
1.5 Условия эксплуатации	12
1.6 Уход и очистка	13
1.7 Требования по охране окружающей среды	14
2 Обзор документа	15
3 Быстрый запуск	17
3.1 Общая проверка	17
3.2 Внешний вид изделия	17
3.3 Габаритные размеры	19
3.4 Подготовка к работе	20
3.4.1 Регулировка опорных ножек	20
3.4.2 Подключение к сети переменного тока	20
3.4.3 Проверка включения	21
3.4.4 Замена предохранителя	21
3.4.5 Выбор языка системы	22
3.4.6 Подключение пробника	22
3.4.7 Проверка работоспособности	25
3.4.8 Компенсация пробника	26
3.5 Обзор изделия	27
3.5.1 Обзор передней панели	27
3.5.2 Обзор функций передней панели	29
3.5.3 Обзор задней панели	34
3.5.4 Обзор пользовательского интерфейса	35
3.6 Жесты сенсорного экрана	37
3.6.1 Касание	37
3.6.2 Сведение/разведение пальцев	38
3.6.3 Перетаскивание	38
3.6.4 Выделение прямоугольной области	39

3.7 Способы настройки параметров	40
3.8 Использование защитного замка	42
3.9 Использование встроенной справочной системы	43
3.10 Просмотр информации об опциях и установка опций	43
4 Вертикальная система	44
4.1 Включение и отключение аналогового канала	44
4.2 Настройка вертикального масштаба	45
4.3 Настройка вертикального смещения	46
4.4 Связь входа канала	46
4.5 Ограничение полосы пропускания	47
4.6 Входной импеданс	47
4.7 Инверсия осциллограммы	48
4.8 Пробник	49
4.9 Единица амплитуды	53
4.10 Bias — коррекция нулевого уровня канала	53
4.11 Межканальная задержка	53
4.12 Метка канала	54
5 Горизонтальная система	55
5.1 Настройка горизонтальной развертки	55
5.2 Настройка горизонтального положения	56
5.3 Режим Zoom (отложенная развертка)	57
6 Система сбора данных	59
6.1 Режим сбора данных	59
6.2 Режим дискретизации	60
6.3 Частота дискретизации	60
6.4 Глубина памяти	62
6.5 Горизонтальное расширение	63
6.6 Режим Roll	63
6.7 Режим XY	63
7 Система запуска осциллографа (триггер)	65
7.1 Источник запуска	65
7.2 Уровень запуска	66
7.3 Режим запуска	66
7.4 Связь тракта запуска	67

7.5 Задержка повторного запуска — Holdoff	68
7.6 Подавление шума	68
7.7 Тип запуска	68
7.7.1 Запуск по фронту — Edge	69
7.7.2 Запуск по ширине импульса — Pulse	69
7.7.3 Запуск по длительности фронта — Slope	70
7.7.4 Запуск по видеосигналу — Video.....	72
7.7.5 Запуск по логическому шаблону — Pattern	73
7.7.6 Запуск по длительности шаблона — Duration	75
7.7.7 Запуск по тайм-ауту — Timeout	77
7.7.8 Запуск по неполному импульсу — Runt.....	79
7.7.9 Запуск по окну — Window	80
7.7.10 Запуск с задержкой — Delay	81
7.7.11 Запуск по времени установки/удержания — Setup/Hold.....	83
7.7.12 Запуск по N-му фронту — Nth Edge	84
7.7.13 Запуск по RS232	85
7.7.14 Запуск по I2C.....	87
7.7.15 Запуск по SPI	89
7.7.16 Запуск по CAN	91
7.8 Зонный запуск — Zone Trigger.....	92
7.9 Разъем выхода запуска.....	94
8 Математические операции	95
8.1 Арифметические операции.....	96
8.2 Функциональные операции.....	97
8.3 Операция FFT.....	98
8.4 Логические операции	102
8.5 Цифровой фильтр.....	104
8.6 Параметры результата математической операции	106
9 Измерения	109
9.1 Измеряемые параметры	109
9.1.1 Временные параметры	109
9.1.2 Счетчики событий	110
9.1.3 Параметры задержки и фазы	111
9.1.4 Параметры напряжения.....	113

9.1.5 Другие параметры	114
9.2 Выбор измеряемого параметра	114
9.3 Настройки измерений	115
9.4 Статистика результатов	117
9.5 Удаление результатов измерений	119
9.6 Автоматическая настройка и измерение	119
9.7 Курсорные измерения	120
9.7.1 Ручной режим — Manual	121
9.7.2 Режим слежения — Track	124
9.7.3 Режим XY	126
10 Цифровой вольтметр (DVM) и частотомер	128
10.1 Цифровой вольтметр (DVM)	128
10.1.1 Настройки измерения	128
10.1.2 Удаление измерения	129
10.2 Частотомер	129
10.2.1 Настройки измерения	130
10.2.2 Сброс статистики	130
11 Цифровые каналы — только серия МНО	131
11.1 Основные настройки	131
11.1.1 Включение/отключение цифровых каналов	131
11.1.2 Метки каналов	132
11.1.3 Выбор цифрового канала	132
11.1.4 Порог логического уровня	132
11.2 Дополнительные настройки	133
11.2.1 Размер осциллограмм	133
11.2.2 Последовательность каналов	133
11.2.3 Приоритет отображения	134
11.2.4 Приоритет отображения	134
12 Анализ гистограмм	135
12.1 Включение/отключение	135
12.2 Тип гистограммы	136
12.3 Источник	136
12.4 Высота гистограммы	136
12.5 Диапазон гистограммы	136

12.6 Результаты анализа	136
12.7 Удаление измерения	137
12.8 Очистка статистики	137
13 Генератор функций/произвольных форм — только МНО5054/МНО5104	138
13.1 Вывод базовых сигналов	139
13.1.1 Sine	139
13.1.2 Square	140
13.1.3 Ramp	141
13.1.4 Pulse	141
13.1.5 Noise	141
13.1.6 DC	142
13.1.7 Exp.Rise	142
13.1.8 Exp.Fall	142
13.1.9 ECG1	142
13.1.10 Gauss	143
13.1.11 Lorentz	143
13.1.12 Haversine	144
13.1.13 Sinc	144
13.2 Модуляция	145
13.2.1 AM — амплитудная модуляция	146
13.2.2 FM — частотная модуляция	147
13.2.3 PM — фазовая модуляция	149
14 Диаграмма Бode — только МНО5054/МНО5104	151
14.1 Основные настройки	152
14.1.1 Включение/отключение	152
14.1.2 Запуск/остановка построения	152
14.1.3 Источник входа/выхода	152
14.1.4 Свип-сигнал	152
14.1.5 Тип отображения	152
14.1.6 Схема соединения	154
14.2 Настройка амплитуды и частоты	155
14.3 Сохранение и загрузка данных Bode Plot	155
15 Опорная осциллограмма	156
15.1 Включение функции Ref	156

15.2 Настройка опорной осциллограммы	156
15.3 Отображение Ref.....	157
15.4 Экспорт и импорт Ref.....	158
16 Тест Pass/Fail	159
16.1 Включение/отключение	159
16.2 Источник	159
16.3 Маска теста.....	160
16.4 Формирование выходных результатов.....	160
16.5 Запуск/остановка теста.....	161
16.6 Статистика результатов.....	162
17 Декодирование протоколов	163
17.1 Параллельное декодирование	163
17.1.1 Настройка тактового сигнала (CLK).....	164
17.1.2 Настройка шины.....	164
17.1.3 Настройки отображения	167
17.1.4 Таблица событий.....	167
17.2 Декодирование RS232	168
17.2.1 Источники	169
17.2.2 Параметры кадра	169
17.2.3 Отображение.....	170
17.2.4 Таблица событий.....	170
17.3 Декодирование I2C	171
17.3.1 Источники	171
17.3.2 Отображение.....	172
17.3.3 Таблица событий.....	172
17.4 Декодирование SPI	173
17.4.1 Источники	174
17.4.2 Режим и данные	174
17.4.3 Отображение.....	175
17.4.4 Таблица событий.....	175
17.5 Декодирование CAN/CAN-FD	175
17.5.1 Настройка сигнала	176
17.5.2 Отображение.....	177
17.5.3 Таблица событий.....	178

18 Многооконный режим	179
19 Запись и воспроизведение осциллограмм	180
19.1 Общие настройки.....	180
19.2 Параметры записи	181
19.3 Параметры воспроизведения.....	182
20 Поиск и навигация	184
20.1 Функция поиска.....	184
20.2 Функция навигации.....	186
21 Управление отображением.....	189
21.1 Тип отображения.....	189
21.2 Время послесвечения.....	190
21.3 Интенсивность формы сигнала.....	190
21.4 Настройка сетки экрана.....	190
21.5 Настройки отображения	190
21.6 Отображение шкалы.....	191
21.7 Цветовая градация.....	191
21.8 Фиксация формы сигнала	191
22 Сохранение и загрузка.....	192
22.1 Открытие Storage	192
22.2 Сохранение файла	192
22.2.1 Сохранение изображения.....	193
22.2.2 Сохранение осциллограммы	193
22.2.3 Сохранение настроек.....	194
22.2.4 Двоичный формат данных .bin	195
22.3 Загрузка файла через FTP	196
22.4 Загрузка файла настроек	197
22.5 Обновление	197
22.6 Управление дисками	198
23 Системные функции Utility.....	201
23.1 I/O Setting	201
23.2 Основные настройки	202
23.3 Информация об осциллографе.....	203
23.4 Другие настройки.....	203
23.5 Автоматическая настройка.....	203

23.6 Самокалибровка	203
23.7 Список опций.....	204
23.8 Быстрые операции.....	204
23.9 Самопроверка	206
24 Дистанционное управление	208
24.1 Управление через USB.....	208
24.2 Управление через LAN.....	208
24.3 Управление через GPIB.....	209

1 Требования безопасности

1.1 Общие сведения о безопасности

Перед вводом прибора в эксплуатацию внимательно ознакомьтесь со следующими мерами предосторожности, чтобы избежать травм и повреждений прибора или подключённых к нему устройств. Для предотвращения потенциальных опасностей соблюдайте инструкции, указанные в настоящем руководстве, и используйте прибор надлежащим образом.

Используйте соответствующий сетевой кабель

Разрешается использовать только оригинальный сетевой кабель, предназначенный для данного прибора и сертифицированный для применения в соответствующей стране.

Заземляйте прибор

Прибор заземляется через защитный провод сетевого кабеля. Чтобы избежать поражения электрическим током, подключите заземляющий контакт сетевого кабеля к клемме защитного заземления перед подключением любых входных или выходных разъёмов.

Правильно подключайте пробник

При использовании пробника его заземляющий провод должен быть подключён к защитному заземлению. Не подключайте заземляющий провод к высокому напряжению. Неправильное подключение может привести к появлению опасных напряжений на разъёмах, органах управления или других поверхностях осциллографа и пробников, что создаёт угрозу для оператора.

Соблюдайте номиналы всех разъёмов

Чтобы избежать риска возгорания или поражения электрическим током, соблюдайте все номиналы и маркировку на приборе. Перед подключением прибора ознакомьтесь с руководством для получения дополнительной информации о номиналах.

Используйте соответствующую защиту от перенапряжения

Убедитесь, что перенапряжение (например, вызванное ударом молнии) не может попасть в прибор. В противном случае оператор может подвергнуться опасности поражения электрическим током.

Не эксплуатируйте прибор без крышек

Не включайте прибор при снятых крышках или панелях.

Не вставляйте предметы в вентиляционные отверстия

Не вставляйте посторонние предметы в вентиляционные отверстия, так как это может привести к повреждению прибора.

Используйте соответствующий предохранитель

Используйте только предохранители, указанные в спецификации.

Избегайте контакта с открытыми цепями и проводами

Не прикасайтесь к открытым соединениям и компонентам при включённом питании.

Не эксплуатируйте прибор при подозрении на неисправность

Если вы подозреваете наличие повреждений прибора, перед дальнейшей эксплуатацией обратитесь к авторизованному персоналу для проведения проверки. Любое техническое обслуживание, регулировка или замена компонентов, особенно в цепях или аксессуарах, должны выполняться только авторизованным персоналом.

Обеспечивайте достаточную вентиляцию

Недостаточная вентиляция может привести к повышению температуры внутри прибора

и его повреждению. Обеспечивайте свободный доступ воздуха и регулярно проверяйте состояние вентиляционных отверстий и вентилятора.

Не эксплуатируйте прибор во влажных условиях

Чтобы избежать короткого замыкания или поражения электрическим током, не используйте прибор во влажной среде.

Не эксплуатируйте прибор во взрывоопасной атмосфере

Чтобы избежать травм или повреждения прибора, не используйте его во взрывоопасной атмосфере.

Содержите поверхности прибора чистыми и сухими

Чтобы предотвратить влияние пыли или влаги на работу прибора, поддерживайте его поверхности в чистом и сухом состоянии.

Предотвращайте электростатическое воздействие

Эксплуатируйте прибор в среде, защищённой от электростатических разрядов, чтобы избежать повреждений, вызванных статическим электричеством. Всегда заземляйте внутренние и внешние проводники кабелей для снятия статического заряда перед подключением.

Правильно используйте аккумулятор

Не подвергайте аккумулятор (если имеется) воздействию высоких температур или огня. Храните его в недоступном для детей месте. Неправильная замена аккумулятора (литиевого) может привести к взрыву. Используйте только указанный тип аккумулятора.

Осторожно обращайтесь с прибором

При транспортировке обращайтесь с прибором аккуратно, чтобы избежать повреждения клавиш, ручек, интерфейсов и других элементов панели.

1.2 Предупреждения и обозначения безопасности

Предупреждения безопасности в данном руководстве

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ Указывает на потенциально опасную ситуацию или действие, которое при несоблюдении приведёт к серьёзной травме или смерти.

⚠ ВНИМАНИЕ Указывает на потенциально опасную ситуацию или действие, которое при несоблюдении может привести к повреждению изделия или потере важной информации.

Термины безопасности на изделии

DANGER (ОПАСНОСТЬ) Обращает внимание на операцию, которая при неправильном выполнении может немедленно привести к травме или возникновению опасности.

WARNING (ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ) Обращает внимание на операцию, которая при неправильном выполнении может привести к потенциальной травме или возникновению опасности.

CAUTION (ВНИМАНИЕ) Обращает внимание на операцию, которая при неправильном выполнении может привести к повреждению изделия или других устройств, подключённых к изделию.

Обозначения безопасности на изделии



Опасное
напряжение



Предупреждение о
безопасности



Клемма защитного
заземления



Корпусное
заземление



Испытательное
заземление

1.3 Категория измерений

Данный прибор предназначен для измерений в категории измерений I.

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Прибор допускается использовать только для измерений в пределах указанной для него категории измерений.

Определения категорий измерений

- **Категория I.** Измерения в цепях, не подключенных непосредственно к сети электропитания (MAINS). Примерами являются измерения в цепях, не питающихся от сети, а также в специально защищенных внутренних цепях, производных от сети. В последнем случае переходные воздействия могут быть различными, поэтому необходимо знать стойкость оборудования к переходным перенапряжениям.

- **Категория II.** Измерения в цепях, непосредственно подключенных к низковольтной электроустановке. Примеры: бытовые электроприборы, переносной инструмент и аналогичное оборудование.

- **Категория III.** Измерения в стационарной электроустановке здания. Примеры: распределительные щиты, автоматические выключатели, проводка, включая кабели, шины, распределительные коробки, выключатели и розетки, а также промышленное и другое оборудование, например стационарные двигатели с постоянным подключением к электроустановке.

- **Категория IV.** Измерения в источнике низковольтной электроустановки. Примеры: счетчики электроэнергии, первичные устройства защиты от сверхтока и устройства управления пульсациями.

1.4 Требования к вентиляции

В приборе используется принудительное охлаждение вентилятором. Убедитесь, что зоны входа и выхода воздуха не перекрыты и обеспечивают свободное прохождение воздуха. При настольной установке или установке в стойку оставляйте не менее 10 см свободного пространства сбоку, сверху и сзади прибора.

⚠ ВНИМАНИЕ. Недостаточная вентиляция может вызвать повышение температуры внутри прибора и привести к его повреждению. Обеспечивайте достаточную вентиляцию и регулярно проверяйте вентиляционные отверстия и вентилятор.

1.5 Условия эксплуатации

Температура

- Эксплуатация: от -10 °C до +50 °C.
- Хранение/нерабочее состояние: от -30 °C до +60 °C.

Относительная влажность

Эксплуатация:

- ниже +30 °C: ≤ 90 % RH, без конденсации;
- от +30 °C до +40 °C: ≤ 75 % RH, без конденсации;

- от +40 °C до +50 °C: $\leq 45\%$ RH, без конденсации.

Нерабочее состояние:

- ниже +60 °C: $\leq 90\%$ RH, без конденсации.

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание внутреннего короткого замыкания или поражения электрическим током не эксплуатируйте прибор во влажной среде.

Высота над уровнем моря

- Эксплуатация: менее 3 км.
- Нерабочее состояние: менее 15 км.

Уровень защиты от электростатического воздействия

ESD ± 8 кВ.

Категория установки (перенапряжения)

Изделие питается от сети, соответствующей категории установки (перенапряжения) II.

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Не допускайте воздействия на изделие перенапряжений, например вызванных ударом молнии. В противном случае существует опасность поражения оператора электрическим током.

Категория установки I относится к сигнальному уровню и применяется к измерительным клеммам оборудования, подключенным к исходной цепи, где приняты меры для ограничения переходного напряжения до низкого уровня.

Категория установки II относится к локальному уровню распределения электропитания и применяется к оборудованию, подключенному к линии переменного тока.

Степень загрязнения

Степень загрязнения 2.

- **Степень 1:** загрязнение отсутствует либо присутствует только сухое непроводящее загрязнение; оно не оказывает влияния. Пример: чистое помещение или офис с кондиционированием.
- **Степень 2:** обычно присутствует только непроводящее загрязнение; возможна временная проводимость вследствие конденсации. Пример: помещение внутри здания.
- **Степень 3:** присутствует проводящее загрязнение либо сухое непроводящее загрязнение, становящееся проводящим вследствие конденсации. Пример: защищенная наружная среда.
- **Степень 4:** загрязнение вызывает устойчивую проводимость вследствие проводящей пыли, дождя или снега. Пример: открытая наружная среда.

Класс безопасности

Класс 1 — изделие с защитным заземлением.

1.6 Уход и очистка

Уход

Не храните и не оставляйте прибор в местах, где он может длительное время подвергаться воздействию прямых солнечных лучей.

Очистка

Очищайте прибор регулярно в соответствии с условиями его эксплуатации.

1. Отключите прибор от всех источников питания.
2. Очистите внешние поверхности прибора мягкой тканью, слегка смоченной слабым моющим средством или водой. При очистке ЖК-дисплея избегайте его повреждения (царапания).

⚠ ВНИМАНИЕ

Чтобы избежать повреждения прибора, не подвергайте его воздействию едких жидкостей.

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Чтобы избежать короткого замыкания, вызванного влагой, или травм, убедитесь, что прибор полностью высох перед подключением к источнику питания.

Экологические требования

Следующий символ указывает на то, что данный продукт соответствует Директиве WEEE 2002/96/EC.



1.7 Требования по охране окружающей среды

Соответствующий символ на изделии указывает, что оно соответствует требованиям Директивы WEEE 2012/19/EU.

Оборудование может содержать вещества, способные причинить вред окружающей среде или здоровью человека. Для предотвращения выброса таких веществ в окружающую среду и вреда здоровью рекомендуется сдавать изделие на соответствующую переработку, обеспечивающую повторное использование или надлежащую переработку максимально возможной доли материалов. Информацию об утилизации и переработке следует получать у местных органов власти.

2 Обзор документа

Настоящее руководство содержит краткий обзор передней и задней панелей, пользовательского интерфейса и основных методов работы с осциллографами серии MHO/DHO5000.

СОВЕТ. Последнюю версию руководства следует загружать с официального веб-сайта RIGOL.

Номер публикации: UGA43103-1110.

Версия ПО: 00.01.00.

Обновление программного обеспечения может изменять существующие или добавлять новые функции. Для актуальной информации используйте последнюю версию руководства на веб-сайте RIGOL либо обращайтесь в RIGOL по вопросам обновления ПО.

Условные обозначения оформления

1. **Клавиши.** Клавиша передней панели в руководстве обозначается соответствующим

значком клавиши. Например, значок  обозначает клавишу DEFAULT.

2. **Меню.** Пункт меню в руководстве выделяется полужирным шрифтом и фоном. Например, **Setup** обозначает подменю Setup функции Utility. Для открытия меню Setup следует щелкнуть или коснуться **Setup**.

3. **Последовательность действий.** Переход к следующему действию обозначается символом >. Например,  > **Storage** означает последовательный выбор соответствующего значка, затем пункта **Storage**.

4. **Разъемы передней/задней панели.** Обозначаются квадратными скобками и наименованием разъема, например [AUX OUT].

5. **Ручки.**

Обозначение на панели	Наименование регулятора	Обозначение на панели	Наименование регулятора
Horizontal POSITION 	Регулятор положения по горизонтали	 1	Многофункциональный регулятор 1
Horizontal SCALE 	Регулятор горизонтального масштаба	 2	Многофункциональный регулятор 2
Vertical POSITION 	Регулятор положения по вертикали	 LEVEL	Регулятор уровня запуска
Vertical SCALE 	Регулятор вертикального масштаба	—	—

Состав серии и поддерживаемые функции

Модель	Макс. полоса аналоговых каналов	Аналоговые каналы	Каналы AFG	Цифровые каналы	Диаграмма Боде
DHO5054	500 МГц	4	—	—	—
DHO5104	1 ГГц	4	—	—	—
MHO5054	500 МГц	4	2 ^[1]	16	Поддерживается ^[1]
MHO5104	1 ГГц	4	2 ^[1]	16	Поддерживается ^[1]
MHO5056	500 МГц	6	—	16	—
MHO5106	1 ГГц	6	—	16	—
DHO5058	500 МГц	8	—	—	—
DHO5108	1 ГГц	8	—	—	—

^[1] Для использования требуется установленная опция MHO5000-AWG.

Поддерживаемые аналоговые каналы:

- DHO5058/DHO5108: CH1...CH8;
- DHO5054/DHO5104: CH1...CH4;
- MHO5056/MHO5106: CH1...CH6;
- MHO5054/MHO5104: CH1...CH4.

Только модели серии MHO поддерживают цифровые каналы D0...D15.

Если не указано иное, порядок работы с серией MHO/DHO5000 в настоящем руководстве показан на примере DHO5108. Анализ цифровых сигналов, генератор функций/сигналов произвольной формы и диаграмма Боде показаны на примере MHO5104.

3 Быстрый запуск

3.1 Общая проверка

1. Проверка упаковки

Если упаковка повреждена, не утилизируйте ее и амортизирующие материалы до проверки комплектности поставки и успешного завершения электрических и механических испытаний.

Ответственность за повреждение прибора при транспортировке несет отправитель или перевозчик. RIGOL не несет ответственности за бесплатное обслуживание/ремонт или замену прибора вследствие таких повреждений.

2. Проверка прибора

При обнаружении механических повреждений, отсутствующих деталей либо неудовлетворительных результатов электрической или механической проверки обратитесь к торговому представителю RIGOL.

3. Проверка принадлежностей

Проверьте принадлежности по упаковочному листу. При повреждении или неполной комплектации обратитесь к торговому представителю RIGOL.

Рекомендуемый интервал калибровки: RIGOL рекомендует выполнять калибровку прибора каждые 18 месяцев.

3.2 Внешний вид изделия



Передняя панель DHO5108

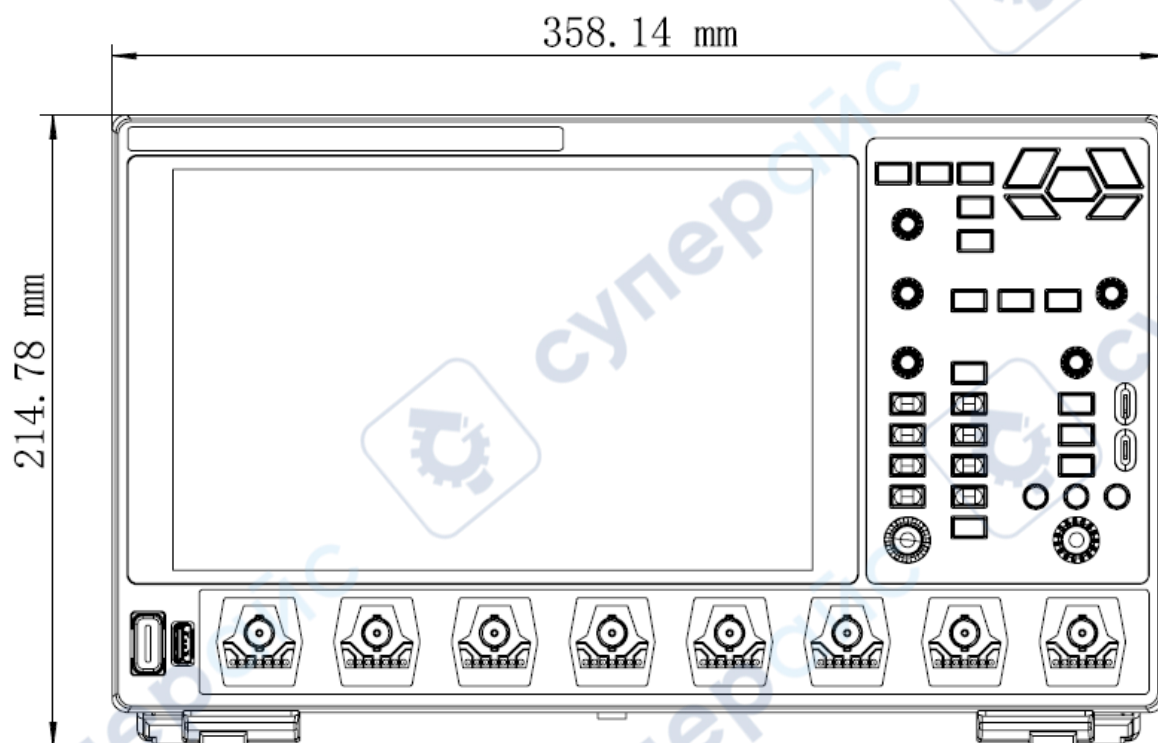


Передняя панель MHO5104

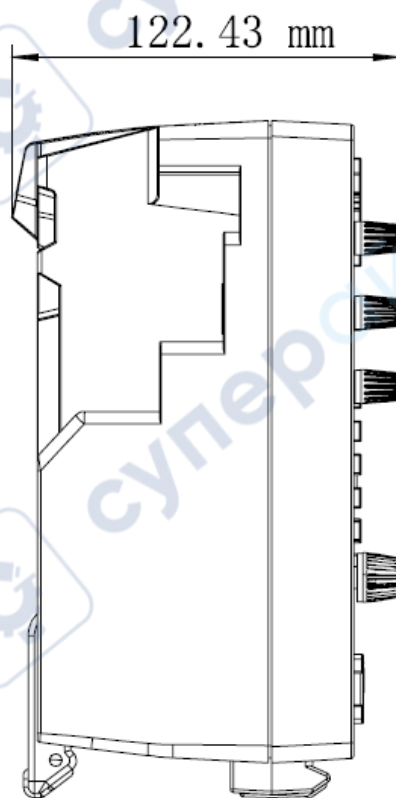


Задняя панель

3.3 Габаритные размеры



Вид спереди

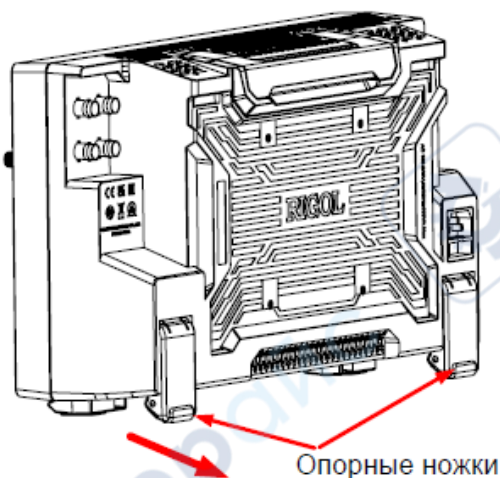


Вид сбоку

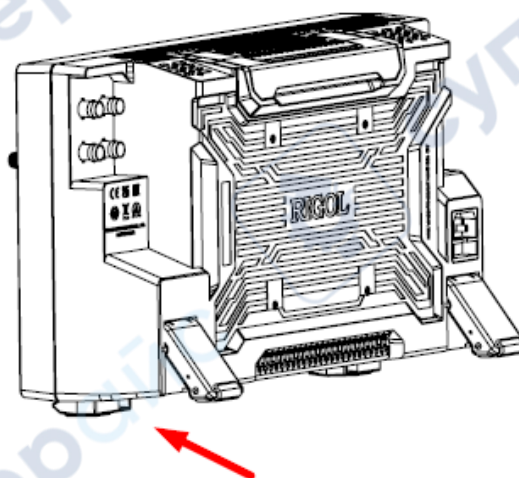
3.4 Подготовка к работе

3.4.1 Регулировка опорных ножек

Правильно установите опорные ножки, чтобы использовать их в качестве подставок, наклонить осциллограф вверх, обеспечить устойчивое положение и удобство работы и наблюдения. Если прибор не используется, ножки можно сложить для упрощения хранения или транспортировки.



(а) Разложить опорные ножки

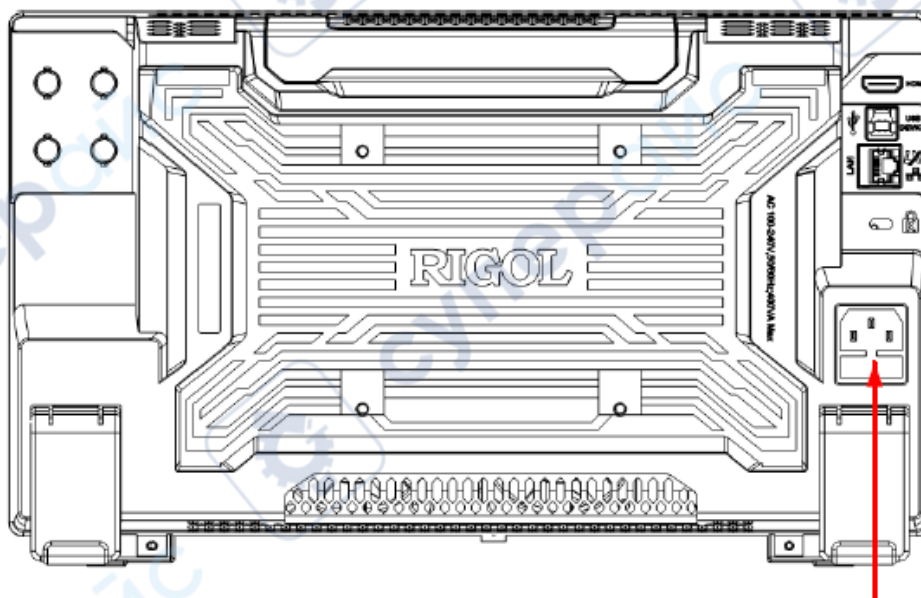


(b) Сложить опорные ножки

Регулировка опорных ножек

3.4.2 Подключение к сети переменного тока

Требования к сетевому питанию осциллографа: 100–240 В, 50/60 Гц, максимум 400 ВА. Для подключения осциллографа к сети используйте сетевой шнур из комплекта поставки.



Разъем сетевого шнура

Подключение к сети переменного тока

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание поражения электрическим током убедитесь, что прибор правильно заземлен.

СОВЕТ. Если осциллограф оснащен аккумуляторным блоком, при подключении к сети переменного тока питание подается на осциллограф и одновременно выполняется заряд аккумуляторного блока.

3.4.3 Проверка включения

После подключения прибора к источнику питания нажмите клавишу питания  в левом нижнем углу передней панели. Во время запуска прибор выполняет ряд самопроверок. После их завершения отображается начальный экран.

- **Restart:** выберите соответствующий системный значок  > **Restart**. Появится сообщение Are you sure to reboot?. Выберите **OK** для перезапуска прибора.

- **Shutdown:**

- выберите соответствующий системный значок  > **Shutdown**; в сообщении Are you sure to shutdown? выберите **OK**;

- либо нажмите клавишу питания  и в появившемся сообщении выберите **OK**;

- двойное нажатие клавиши питания  выполняет непосредственное выключение;

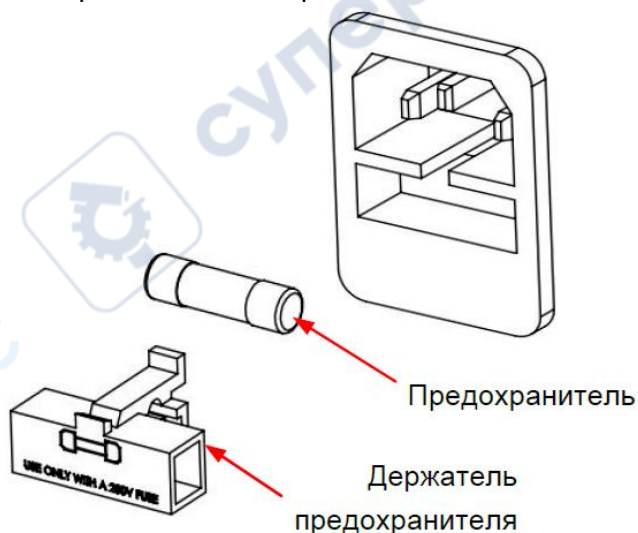
- удержание клавиши питания  в течение трех секунд выполняет непосредственное выключение.

СОВЕТ. Можно также открыть  > **Utility** > **Setup**, затем выбрать Switch On в меню Power Status. После этой настройки прибор будет автоматически включаться при подаче питания.

3.4.4 Замена предохранителя

Для замены используйте предохранитель AC 250 В, T5 А, 5,2 × 20 мм и выполните следующие действия:

1. Выключите прибор и отсоедините сетевой шнур.
2. Вставьте небольшую плоскую отвертку в паз сетевого разъема и осторожно извлеките держатель предохранителя.
3. Извлеките предохранитель.
4. Установите в держатель предохранитель соответствующего типа.
5. Установите держатель обратно в сетевой разъем.



Замена предохранителя

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание поражения электрическим током перед заменой предохранителя убедитесь, что прибор выключен и отсоединен от источника питания. Устанавливаемый предохранитель должен соответствовать требуемому номиналу.

3.4.5 Выбор языка системы

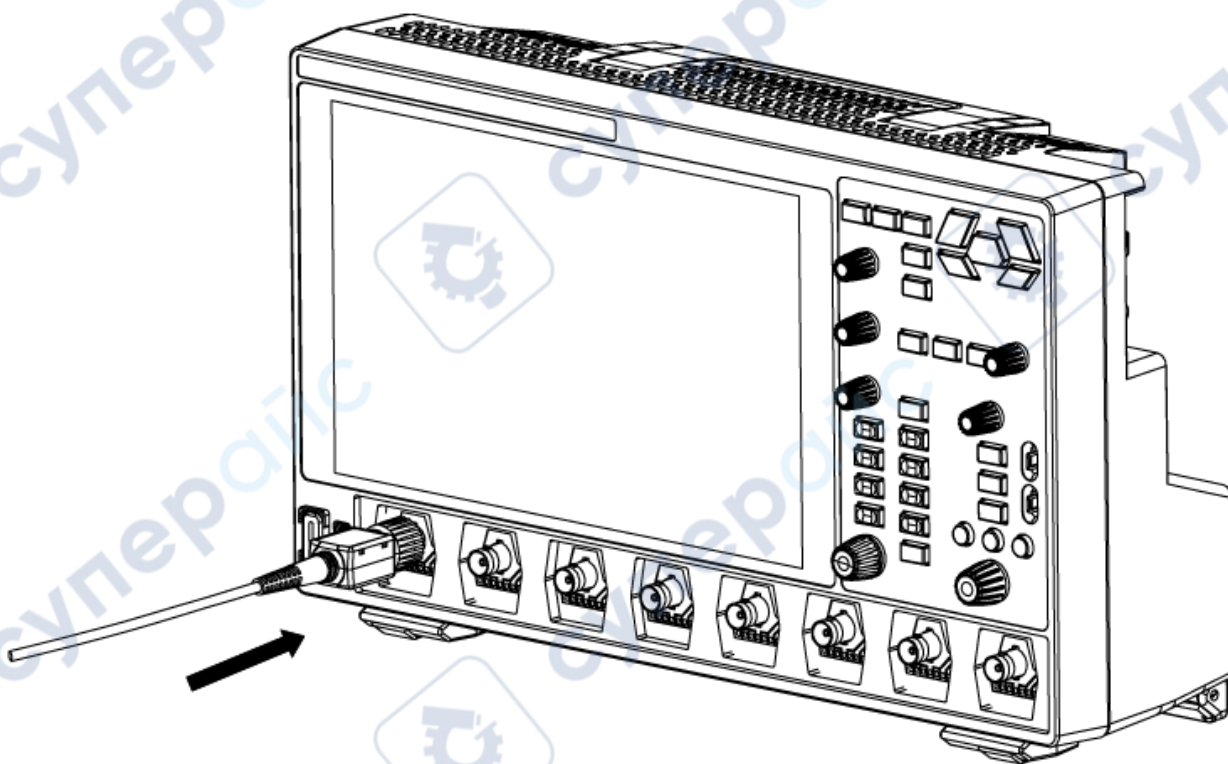
Осциллограф поддерживает несколько языков. Для выбора языка откройте  > **Utility** > **Setup** > **Language**.

3.4.6 Подключение пробника

Для серии MHO/DHO5000 RIGOL предлагает пассивные, активные и логические пробники. Конкретные модели указаны в MHO/DHO5000 Data Sheet. Подробные технические сведения приведены в соответствующих руководствах на пробники.

Подключение пассивного пробника

1. Подключите BNC-разъем пробника к входу аналогового канала на передней панели осциллографа.
2. Подключите зажим «крокодил» или пружинный заземляющий контакт пробника к точке заземления схемы, затем подключите наконечник пробника к измеряемой точке.



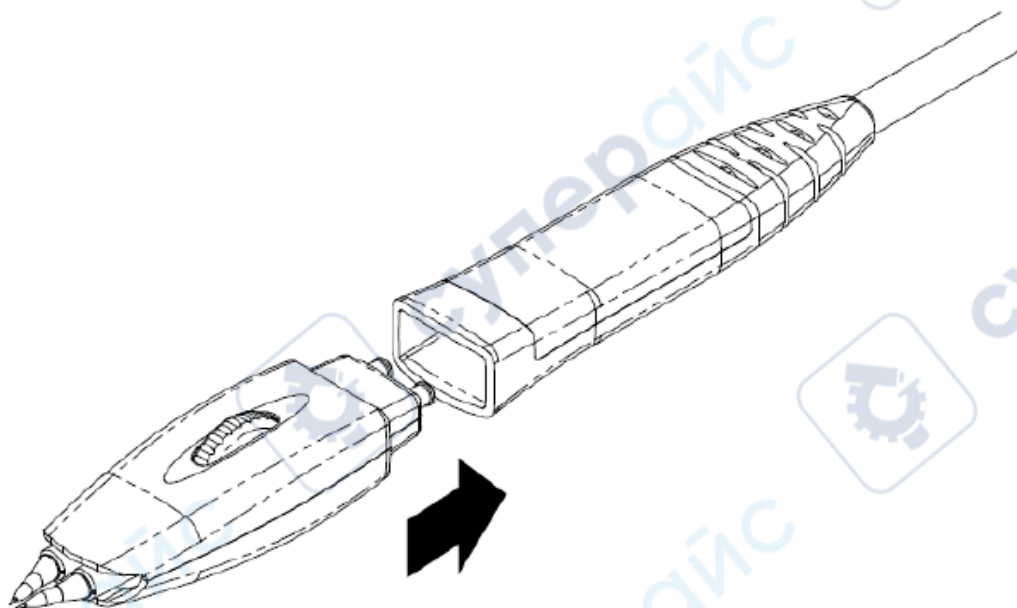
Подключение пассивного пробника

После подключения проверьте работоспособность пробника и настройку компенсации до начала измерений. См. разделы «Проверка работоспособности» и «Компенсация пробника».

Подключение активного пробника

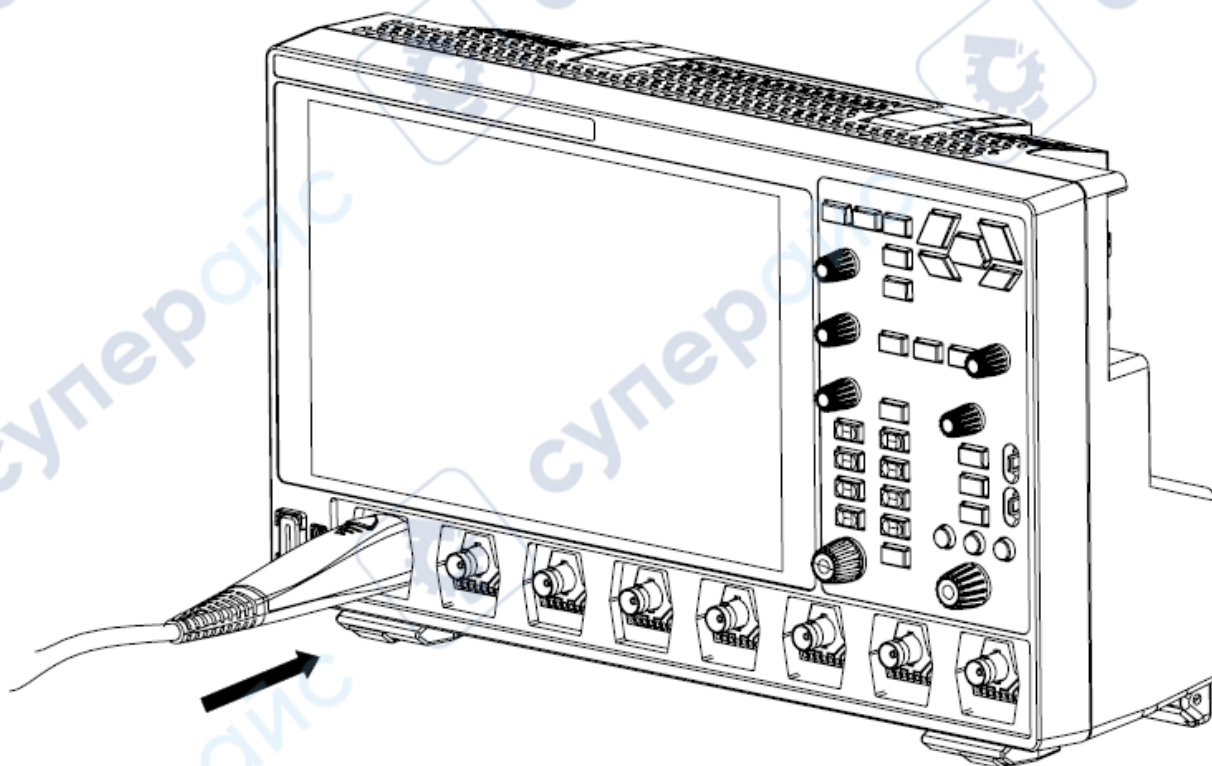
Ниже приведен пример для активного дифференциального пробника PVA7250.

1. Подключите головку пробника к предварительному усилителю активного пробника.



Подключение головки пробника к предварительному усилителю активного пробника

2. Подключите другой конец предварительного усилителя к входу аналогового канала на передней панели. Вставьте пробник до требуемого положения для надежной фиксации.



Подключение активного пробника

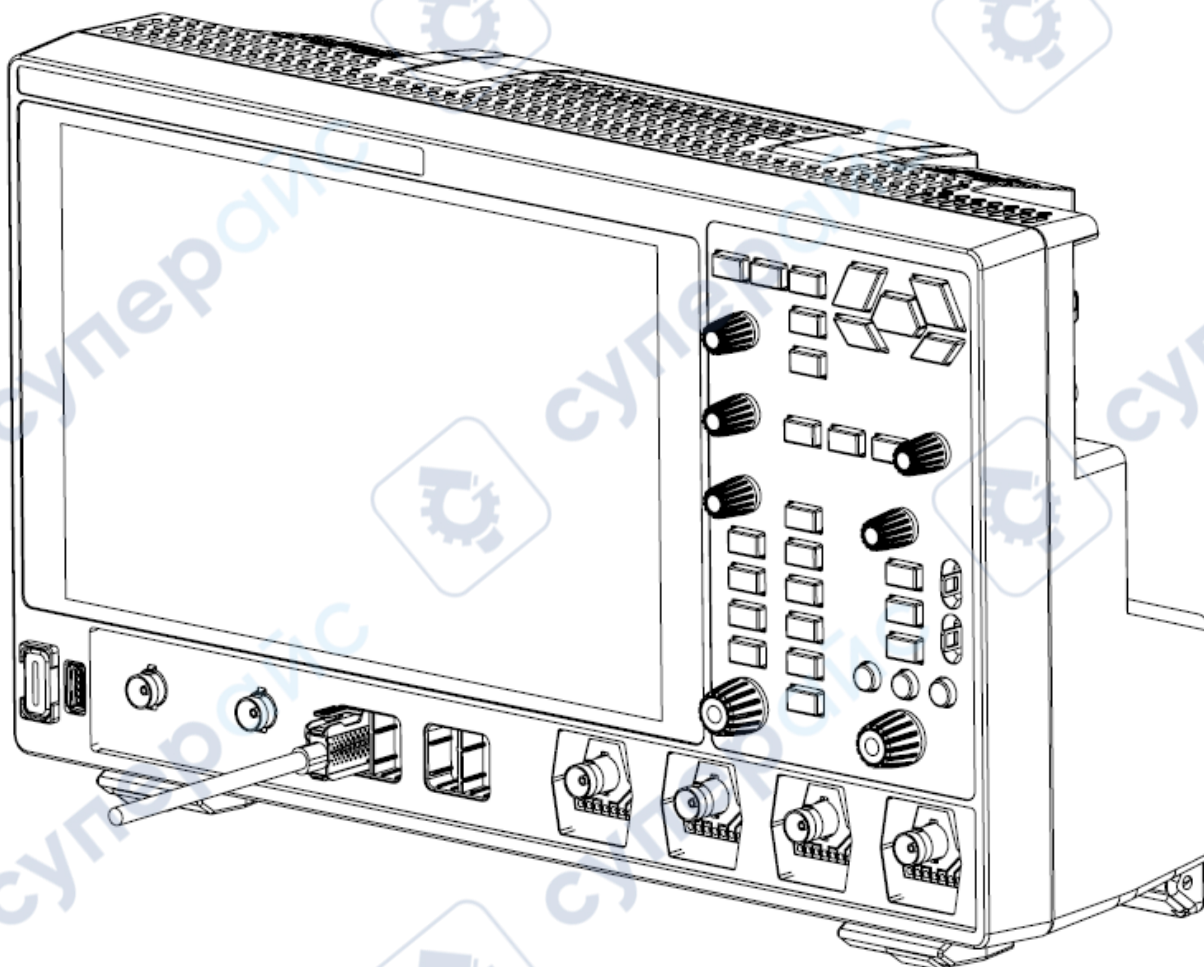
3. С помощью вспомогательной оснастки пробника подключите головку к исследуемой цепи. Подробные сведения см. в User Guide for PVA7000 Series Active Probe.

После подключения активного пробника при необходимости выполните его калибровку и настройку напряжения смещения. См. описание активного пробника далее в настоящем руководстве.

Подключение логического пробника

1. Подключите выходной разъем логического пробника в правильной ориентации к входу цифровых каналов на передней панели осциллографа.

2. Подключите другой конец логического пробника к измеряемому сигнальному выводу. Для МНО/DHO5000 предлагается дополнительный активный логический пробник PLA3204. Подробности см. в User Guide for PLA3204 Logic Probe.



Подключение логического пробника

СОВЕТ.

- При подключении земли для высокоскоростных сигналов заземляющий провод должен быть подключен к контрольной точке земли рядом с измеряемым сигналом и должен быть максимально коротким.
- При большом количестве входных каналов по возможности используйте отдельное заземление для каждого сигнала. Если доступна только одна контрольная точка земли, подключите к ней все заземляющие провода пробника.

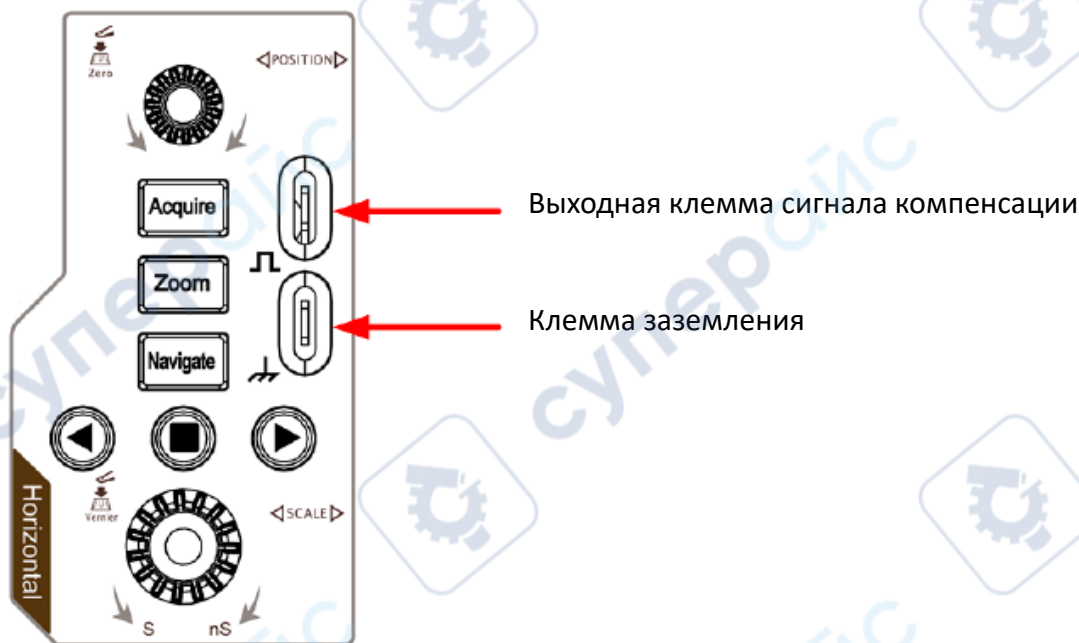
- Установите подходящее пороговое значение логического пробника в соответствии с фактическим диапазоном уровней исследуемого сигнала. Порог рекомендуется устанавливать в середине диапазона уровней.

3.4.7 Проверка работоспособности

1. Нажмите клавишу . Появится сообщение Restore default settings?. Выберите **OK**, чтобы восстановить заводские настройки прибора.

2. Подключите зажим заземления пробника к клемме Ground Terminal, как показано на рисунке ниже.

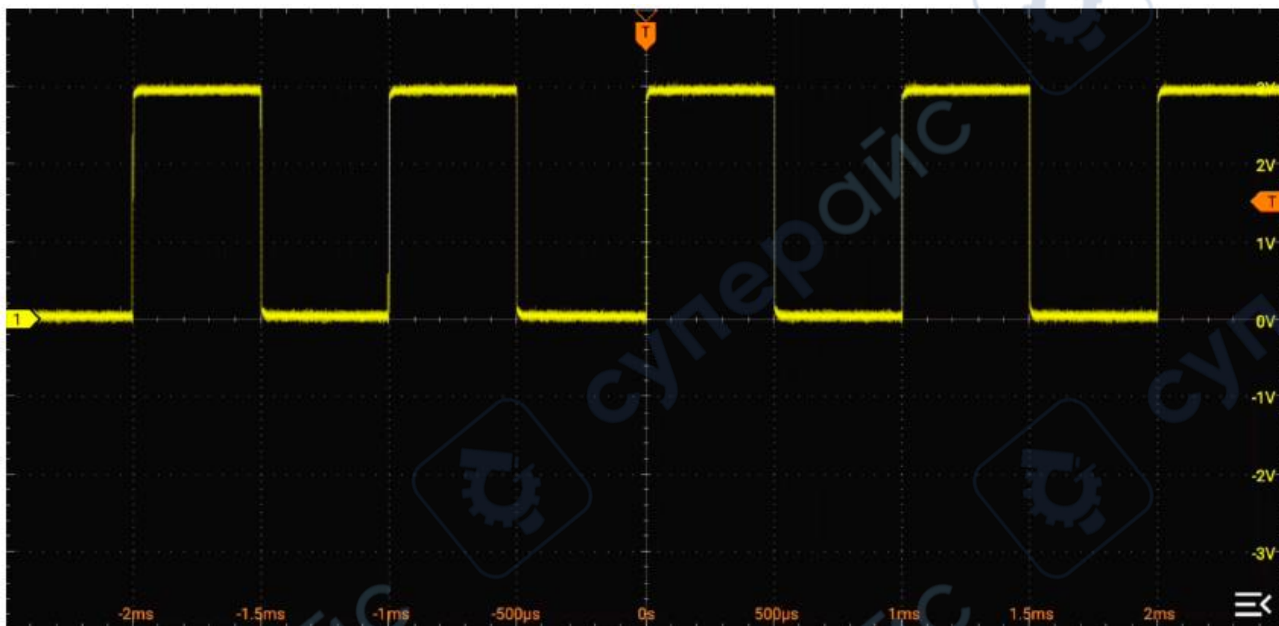
3. Подключите пробник к входу CH1 и к клемме Compensation Signal Output Terminal, как показано на рисунке ниже.



Использование сигнала компенсации

4. Установите коэффициент пробника в соответствии с его коэффициентом ослабления, затем выберите  > **Auto**.

5. Наблюдайте форму сигнала на дисплее. В нормальном состоянии должен отображаться прямоугольный сигнал, показанный на рисунке ниже.



Прямоугольный сигнал

6. Аналогичным способом проверьте остальные каналы. Если отображаемый прямоугольный сигнал не соответствует рисунку, выполните компенсацию пробника, описанную в следующем разделе. Если сигнал не отображается, повторите приведенные выше действия.

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание поражения электрическим током при использовании пробника убедитесь, что его изолированный провод не поврежден. Не прикасайтесь к металлическим частям пробника, когда он подключен к источнику высокого напряжения.

3.4.8 Компенсация пробника

При первом использовании пробник осциллографа необходимо скомпенсировать в соответствии с входными характеристиками канала осциллографа, к которому он подключен. Нескомпенсированный или неправильно скомпенсированный пробник может приводить к ошибкам измерений.

Порядок компенсации:

1. Выполните шаги 1–4 раздела «Проверка работоспособности».
2. Проверьте отображаемую форму сигнала и сравните ее с вариантами на рисунке: избыточная компенсация; недостаточная компенсация; правильная компенсация.
3. С помощью приспособления для регулировки компенсации пробника из комплекта принадлежностей отрегулируйте отверстие низкочастотной компенсации на пробнике так, чтобы отображаемая форма сигнала соответствовала варианту Perfectly compensated.



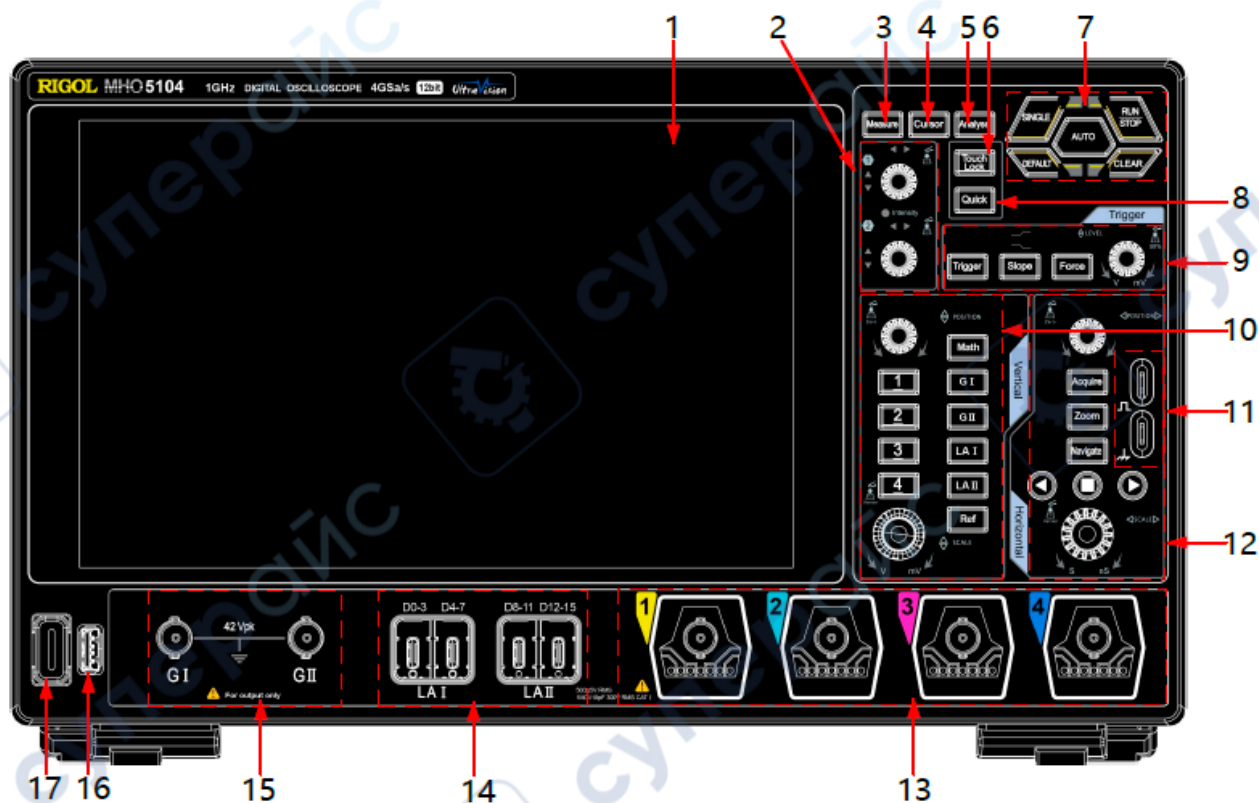
Компенсация пробника

3.5 Обзор изделия

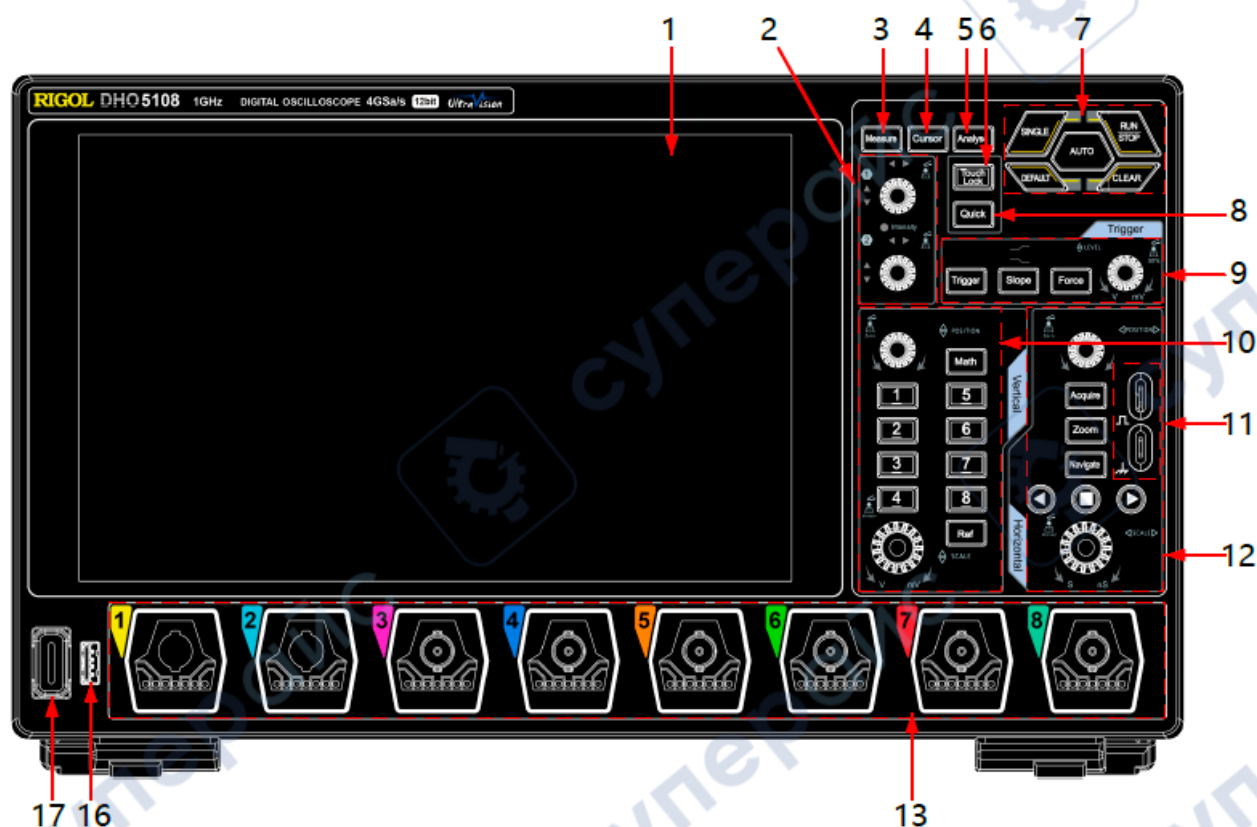
Серия RIGOL МНО/DHO5000 представляет собой цифровые осциллографы высокого разрешения, предназначенные для широкого круга задач проектирования, отладки и испытаний. Приборы разработаны на базе собственной платформы RIGOL Centaurus. Частота дискретизации 4 Гвыб/с, полоса пропускания в реальном времени до 1 ГГц, скорость захвата до 1 000 000 осциллограмм/с в режиме быстрой записи, глубина памяти 500 млн точек, 12-разрядное разрешение, низкий уровень собственного шума и высокая точность вертикальных измерений обеспечивают выполнение измерений с повышенными требованиями к точности. Серия включает несколько моделей с поддержкой AFG, анализа цифровых сигналов, диаграммы Боде и других функций. Прибор может получать питание от аккумуляторного блока и пригоден для различных сложных сценариев измерений.

3.5.1 Обзор передней панели

В качестве примеров используются МНО5104 с цифровыми каналами и функцией генератора произвольной формы (AFG), а также восьмиканальный DHO5108.



Передняя панель МНО5104



Передняя панель DHO5108

Основные элементы передней панели:

1	емкостный сенсорный экран 10,1 дюйма	10	область вертикального управления
2	многофункциональные ручки	11	выход сигнала компенсации пробника/клемма заземления
3	клавиша Measure	12	область горизонтального управления
4	клавиша Cursor	13	входы аналоговых каналов
5	клавиша Analyse	14	вход цифровых каналов, интерфейс Type-C ^[1]
6	клавиша блокировки сенсорного экрана	15	двухканальные выходы генератора функций/произвольной формы ^[2]
7	клавиши общих операций	16	интерфейс USB HOST
8	клавиша быстрых операций с назначаемой функцией	17	клавиша питания
9	область управления запуском (триггером)		

Примечание:

^[1] Цифровые каналы доступны только для MHO5054, MHO5104, MHO5056 и MHO5106.

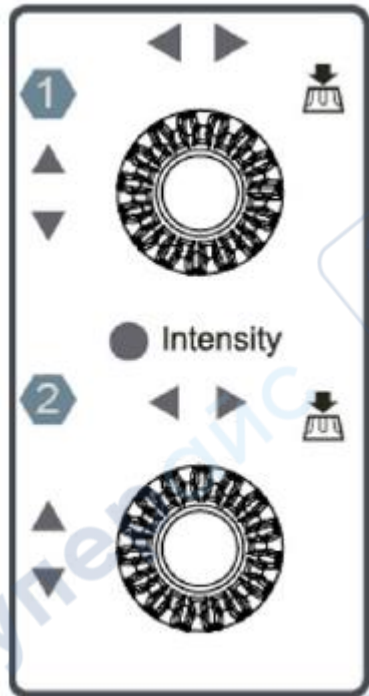
^[2] Генератор функций/сигналов произвольной формы является опцией только для MHO5054 и MHO5104.

3.5.2 Обзор функций передней панели

1. Емкостный сенсорный экран 10,1 дюйма

Отображает осциллограммы, названия меню, параметры настройки, состояние системы, сообщения и другую информацию.

2. Многофункциональные ручки



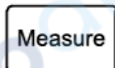
Работа вне меню. Если меню не используется, ручкой 1 можно регулировать яркость осциллограммы. При наличии на экране курсора, декодирования, математической или опорной осциллограммы многофункциональные ручки 1 и 2 могут использоваться соответственно для перемещения курсоров, настройки порога декодирования (ручка 1) и положения результатов декодирования (ручка 2), а также настройки вертикального масштаба (ручка 1) и вертикального смещения (ручка 2) математической/опорной осциллограммы. Для задания приоритета щелкните или коснитесь **Flex Knob** на панели инструментов в правой верхней части экрана.

- Automatic: приоритет по умолчанию — Cursor > (Math/Ref/Decode) > Intensity.
- Manual: все доступные операции вне меню перечислены в нижней части меню **Flex Knob**; можно выбрать текущую функцию ручки.

Работа в меню. При работе с меню поворотом ручки 1/2 можно изменять значение параметра. Если после выбора поля ввода в нем отображается соответствующий значок ручки, значение можно изменять этой ручкой; светодиод соответствующей ручки загорается. Поворот изменяет значение, нажатие ручки восстанавливает значение параметра по умолчанию.

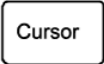
При использовании виртуальной цифровой клавиатуры или раскрывающегося списка ручкой можно перемещаться по элементам, а нажатием — выбирать их.

3. Клавиша Measure

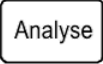


Нажмите **Measure** для открытия интерфейса Measure. Здесь можно выбрать источник измерения, измеряемый параметр и другие настройки.

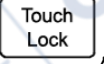
4. Клавиша Cursor

Нажмите  для открытия интерфейса курсорных измерений. Результаты отображаются в списке справа. Доступны режимы Manual, Track и XY. Режим XY доступен только при включенной функции XY.

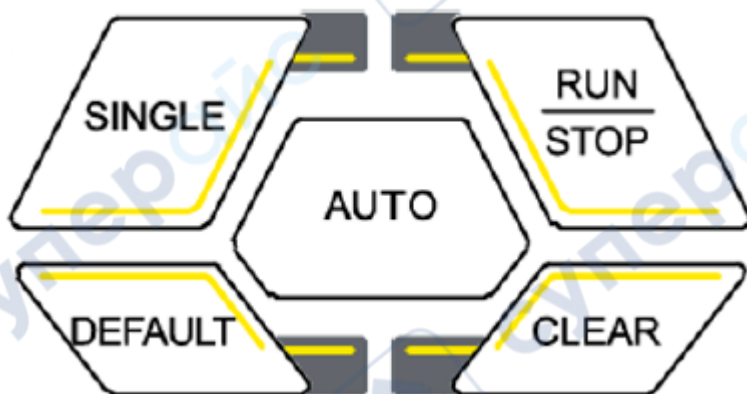
5. Клавиша Analyse

Нажмите  для открытия интерфейса Analyse. Пункты DVM, Counter, UPA, Record и Pass/Fail открывают соответствующие функциональные интерфейсы.

6. Клавиша блокировки сенсорного экрана

Нажмите клавишу блокировки , чтобы отключить сенсорный экран. Повторное нажатие снова включает сенсорный ввод.

7. Клавиши общих операций

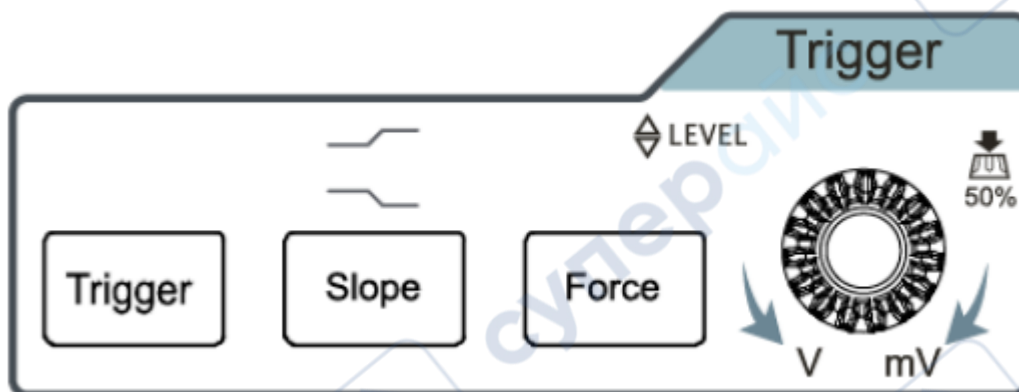


-  : автоматическая настройка осциллограммы. Осциллограф автоматически регулирует вертикальный масштаб, горизонтальную развертку и режим запуска в соответствии с входным сигналом для оптимального отображения.
-  : запуск или остановка. В состоянии RUN подсветка клавиши зеленая; в состоянии STOP — красная.
-  : устанавливает режим запуска Single.
-  : выводит сообщение подтверждения; выбор **OK** восстанавливает настройки по умолчанию.
-  : очищает все осциллограммы на экране. Если прибор находится в состоянии RUN, новые осциллограммы продолжают отображаться.

8. Клавиша быстрых операций

 Назначаемая клавиша может выполнять выбранную быструю операцию, например сохранение изображения, осциллограмм или файла настроек, запуск All Measure, сброс статистики, запись осциллограмм или сохранение группы.

9. Область управления запуском



- **Trigger** клавиша настройки запуска открывает интерфейс Trigger;
- **Slope** клавиша фронта переключает тип фронта для запуска Edge: нарастающий, спадающий или любой; для других типов запуска эта клавиша недоступна;
- **Force** клавиша принудительного запуска формирует сигнал запуска принудительно;
- ручка  **LEVEL** изменяет уровень/порог запуска: по часовой стрелке — увеличение, против часовой — уменьшение; нажатие ручки быстро устанавливает уровень/порог на 50 % размаха сигнала.

10. Область вертикального управления

Описание приведено на примере MHO5104, поддерживающего цифровые каналы и AFG.



- **Vertical  POSITION:** ручка вертикального положения канала. Поворот перемещает осциллограмму выбранного канала вверх/вниз. Нажатие сбрасывает вертикальное положение в ноль.

- **Vertical  SCALE:** ручка вертикального масштаба. Поворот изменяет амплитуду, соответствующую одному вертикальному делению. Нажатие ручки позволяет переключать грубую и точную регулировку вертикального масштаба.

- ** Ref:** открывает настройки опорной осциллограммы. Сравнение фактической и опорной форм сигнала позволяет локализовать неисправность цепи.

- ** Ref:** открывает интерфейс математических операций. Поддерживаются, в частности, A+B, A-B, A×B, A/B и FFT, а также задание метки математической операции.



- ** LAI:** Logic Analyzer: открывает меню управления логическим анализатором. Можно включать/выключать каналы и группы, изменять размер осциллограмм цифровых каналов, порог, группировку 16 цифровых каналов и метки каждого канала.

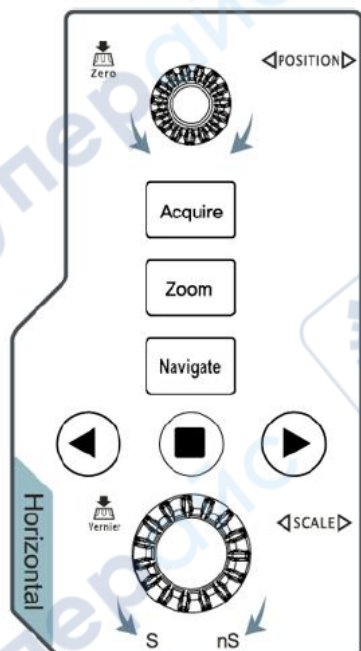
- ** GI**, ** GII:** клавиши генератора функций/произвольной формы. Нажатие соответствующей клавиши включает/отключает выход разъема [GI] или [GII] и открывает соответствующий интерфейс AFG.

- ** 1**, ** 2**, ** 3**, ** 4** клавиши аналоговых каналов: включают, выбирают или выключают отображение соответствующего канала в зависимости от текущего состояния.

11. Выход сигнала компенсации пробника/клемма заземления

Выход формирует сигнал компенсации пробника, используемый для согласования входной емкости пробника с каналом осциллографа.

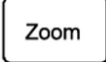
12. Область горизонтального управления



• **Horizontal**  **POSITION**: изменяет горизонтальное положение (положение запуска), перемещая осциллограммы влево/вправо. Нажатие сбрасывает горизонтальное положение.

• **Horizontal**  **SCALE**: изменяет горизонтальную развертку; осциллограммы всех каналов растягиваются или сжимаются по горизонтали. Нажатие ручки позволяет переключать грубую и точную регулировку.

•  клавиша настройки сбора данных открывает меню сбора данных и горизонтальной системы, где задаются режим развертки, режим сбора, глубина памяти и другие параметры.

•  клавиша Zoom (отложенная развертка) включает или отключает функцию отложенной развертки.

•  клавиша открывает меню навигации; навигация может выполняться по времени или по найденным событиям.

•  комбинированная клавиша навигации используется для управления навигацией.

13. Входы аналоговых каналов

Предназначены для подключения пробников и ввода аналоговых сигналов.

14. Вход цифровых каналов, Type-C^[1]

Четыре интерфейса USB Type-C для подключения пробника логического анализатора и ввода цифровых сигналов.

15. Двухканальные выходы генератора функций/произвольной формы^[2]

Используются для вывода сигналов AFG. Нажмите [GI] или [GII] для включения/отключения соответствующего выхода и перехода к интерфейсу AFG. Функция доступна только при установленной опции MHO5000-AWG.

16. Интерфейс USB HOST

Поддерживает USB-накопители типа Flash с файловой системой FAT32 и модуль USB-GPIB.

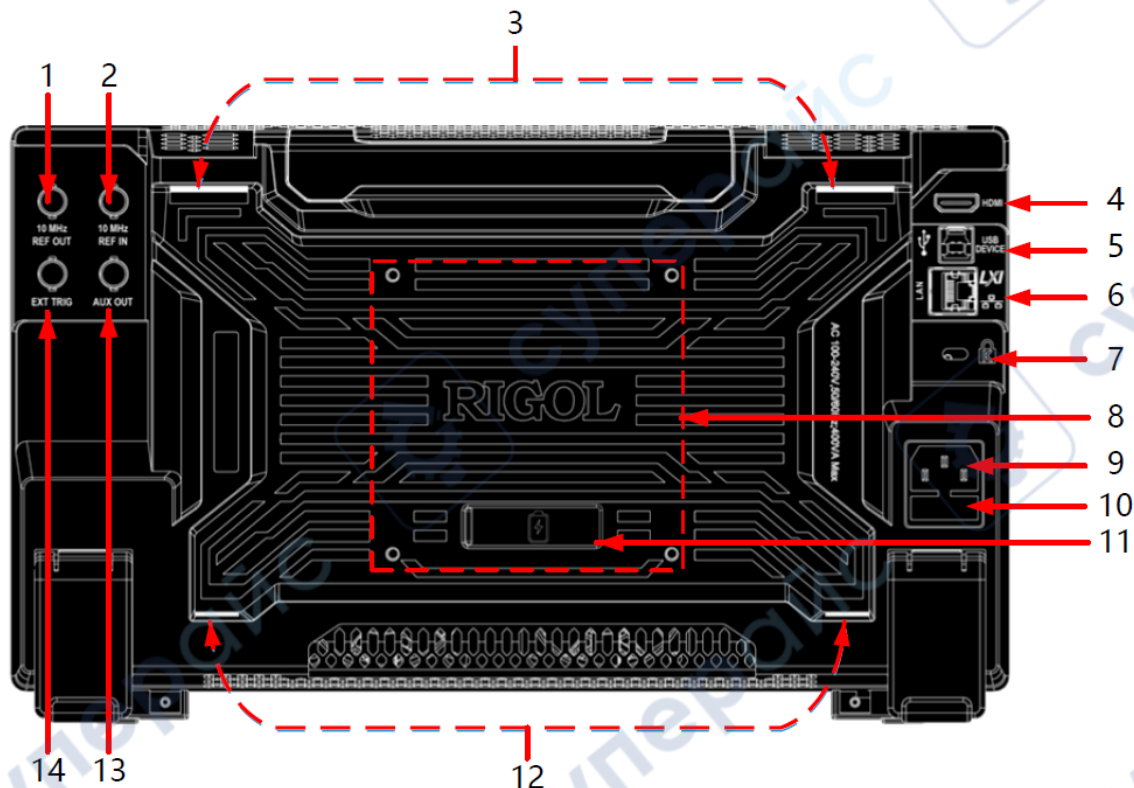
- USB-накопитель используется для импорта/экспорта данных, включая обновление ПО, осциллограммы, настройки и снимки экрана.

- USB-GPIB расширяет интерфейс GPIB для приборов RIGOL, имеющих USB HOST, но не имеющих встроенного GPIB.

17. Клавиша питания

Включает и выключает прибор.

3.5.3 Обзор задней панели



Задняя панель

1. **10 MHz REF OUT:** BNC-разъем, формирующий тактовый сигнал 10 МГц от внутреннего кварцевого генератора.

2. **10 MHz REF IN:** BNC-разъем для внешнего опорного тактового сигнала.

3. **Паз фиксатора аккумуляторного блока:** предназначен для фиксации аккумуляторного блока.

4. **HDMI:** подключение внешнего дисплея с HDMI (монитора или проектора). Изображение при этом также остается на экране прибора.

5. **USB DEVICE:** подключение к ПК для дистанционного управления через ПО, отправки SCPI-команд или пользовательских программ.

6. **LAN:** подключение к сети. Прибор соответствует LXI Device Specification 2011; через Web Control можно отправлять SCPI-команды. При наличии обновлений системное ПО может обновляться онлайн через LAN.

7. **Отверстие защитного замка:** для стандартного троса замка ПК/ноутбука.

8. **Монтажное отверстие:** для крепления кронштейна к задней части прибора.

9. **Разъем сетевого шнура:** питание 100–240 В, 50–60 Гц. Используйте сетевой шнур из комплекта.

10. **Предохранитель:** при замене устанавливайте только предохранитель указанного типа.

11. **Интерфейс аккумуляторного блока:** для подключения аккумуляторного блока.

12. **Монтажный паз аккумуляторного блока:** для фиксации кронштейнов аккумуляторного блока.

13. **AUX OUT:**

- PassFail: при тесте Pass/Fail через **[AUX OUT]** формируется импульс при обнаружении прошедшей или не прошедшей проверку осциллограммы.

3.5.4 Обзор пользовательского интерфейса

Пользовательский интерфейс DHO5108



Пользовательский интерфейс MNO5104

- Область осциллограмм (Waveform View):** отображает окна измеряемых сигналов аналоговых и цифровых каналов. Кнопка в правом верхнем углу закрывает окно; кнопка открывает меню соответствующей функции.
- Индикатор состояния работы:** показывает текущее состояние прибора.
- Индикатор горизонтальной развертки:** показывает текущую горизонтальную развертку; выбор индикатора открывает горизонтальные настройки.
- Индикатор частоты дискретизации и глубины памяти:** показывает текущие значения и открывает горизонтальные настройки.
- Индикатор горизонтального положения:** отображает текущее положение и открывает горизонтальные настройки.
- Индикатор запуска:** отображает тип запуска, уровень, режим и другую информацию; выбор индикатора открывает окно настроек запуска.
- Панель быстрых операций:** содержит **STOP/RUN**, **XY**, **Default**, **Flex Knob**, **Navigate** и некоторые функциональные клавиши меню навигации.
- Список результатов:** отображает результаты и статистику различных функций. Кнопка в правой нижней части экрана сворачивает список Result соответствующей функции.

9. **Область уведомлений:** содержит значки USB, LAN, звука, дистанционного управления, а также дату и время. Выбор области открывает Utility.

- значок USB  отображается при обнаружении USB-накопителя;
- значок LAN  — при успешном сетевом подключении;
- в **Utility** > **Setup** > Веер можно включить  или отключить  звук; значок звука также можно нажать непосредственно;
- значок дистанционного управления  отображается при работе через Web Control;
- дата и время настраиваются в меню **Setup**.

10. **Метки Math:** показывают состояние, тип операции и вертикальный масштаб Math1–Math4.

11. **Метки цифровых каналов**^[1]: показывают состояние 16 цифровых каналов; выбор активной метки открывает настройки логического анализатора (LA).

12. **Каналы AFG**^[2]: показывают состояние, тип сигнала, амплитуду и частоту GI/GII. Выбор метки включает/отключает выход; при включенном выходе открывает настройки AFG.

13. **Многооконный режим:** при одновременном включении нескольких функций на экране могут отображаться несколько окон.

14. **Метки аналоговых каналов:** показывают состояние CH1–CH4/CH6/CH8, тип связи канала, вертикальный масштаб и вертикальное смещение.

15. **Значок навигации по функциям:** открывает меню навигации по функциям, из которого можно перейти к требуемому меню.

Примечание:

^[1] Цифровые каналы доступны только для MHO5054, MHO5104, MHO5056 и MHO5106.

^[2] AFG является опцией только для MHO5054 и MHO5104.

3.6 Жесты сенсорного экрана

Емкостный сенсорный экран позволяет управлять прибором и выполнять настройки жестами. Поддерживаются касание, сведение/разведение пальцев, перетаскивание и другие действия.

3.6.1 Касание

Легко коснитесь одним пальцем символа или текста на экране.

Жест используется для:

- выбора пунктов меню;
- открытия навигации по функциям через значок в левом нижнем углу;
- ввода параметров на цифровой клавиатуре;
- ввода меток и имен файлов на виртуальной клавиатуре;
- закрытия окон сообщений;
- управления другими окнами сенсорного интерфейса.



Жест касания

3.6.2 Сведение/разведение пальцев

Двумя пальцами можно увеличивать и уменьшать осциллограмму. Для увеличения сначала сведите пальцы, затем разведите; для уменьшения сначала разведите, затем сведите.

- Горизонтальное сведение/разведение изменяет горизонтальную развертку.
- Вертикальное сведение/разведение изменяет вертикальный масштаб.



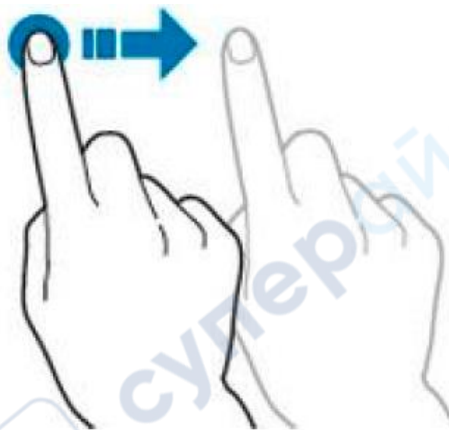
Жест сведения/разведения

3.6.3 Перетаскивание

Выберите объект одним пальцем и перетащите его в требуемое положение.

Перетаскивание используется для:

- изменения положения или масштаба осциллограммы;
- изменения положения элементов окон, например цифровой клавиатуры;
- перемещения курсора;
- изменения уровня запуска перетаскиванием указателя запуска;
- изменения положения окна при многооконном отображении.

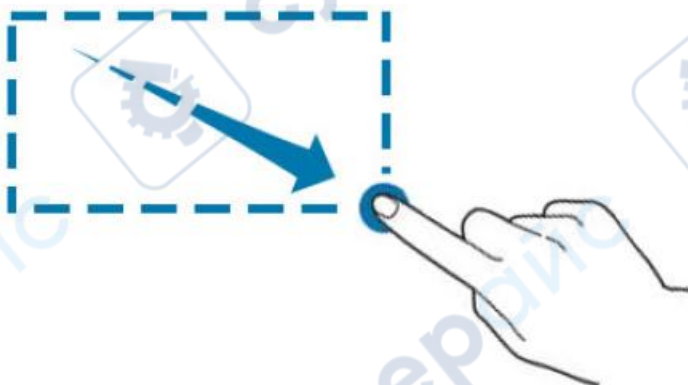


Жест перетаскивания

3.6.4 Выделение прямоугольной области

Откройте меню навигации по функциям и выберите значок DrawRect, чтобы перейти в режим выделения прямоугольной области.

- Проведите пальцем от верхнего левого угла к нижнему правому, чтобы выделить область. После отпускания пальца можно выбрать Trigger zone A, Trigger zone B, Histogram, Horizontal zoom in, Vertical zoom in или Waveform zoom in.
- Проведите пальцем от нижнего правого угла к верхнему левому. После отпускания пальца можно выбрать Trigger zone A, Trigger zone B, Histogram, Horizontal zoom out, Vertical zoom out или Waveform zoom out.



Жест выделения прямоугольной области (a)



Жест выделения прямоугольной области (b)

Назначение команд:

- Trigger zone A/B: выделение области A/B и открытие меню Zone Trigger;
- Histogram: выделение области для гистограммы и открытие меню Histogram;

- Horizontal zoom in/out: растяжение/сжатие осциллограммы по горизонтали;
- Vertical zoom in/out: растяжение/сжатие по вертикали;
- Waveform zoom in/out: одновременное растяжение/сжатие по горизонтали и вертикали.

СОВЕТ. Значок DrawRect  переключает режим выделения прямоугольной области и режим операций с осциллограммой. По умолчанию включен режим операций с осциллограммой .

3.7 Способы настройки параметров

Параметры можно настраивать ручками и с сенсорного экрана.

- **Способ 1:** некоторые параметры изменяются поворотом соответствующей ручки на передней панели.
- **Способ 2:** коснитесь поля ввода параметра; откроется виртуальная клавиатура, с помощью которой задается значение.

Ввод китайских и английских символов

При вводе названий меток прибор поддерживает китайский и английский методы ввода.

Ввод английских символов

Переключение между прописными и строчными буквами

Область ввода имени

Виртуальная клавиатура

Клавиша Backspace



Интерфейс ввода английского текста.

1. Выберите английский метод ввода. Если отображается En/中, переходите к шагу 2; если 中/En, переключите метод ввода на En/中.
2. Очистите область «Область ввода имени», если в ней имеются символы, с помощью клавиши Backspace.

3. Для ввода прописной буквы включите Caps, затем выберите требуемую букву на виртуальной клавиатуре.

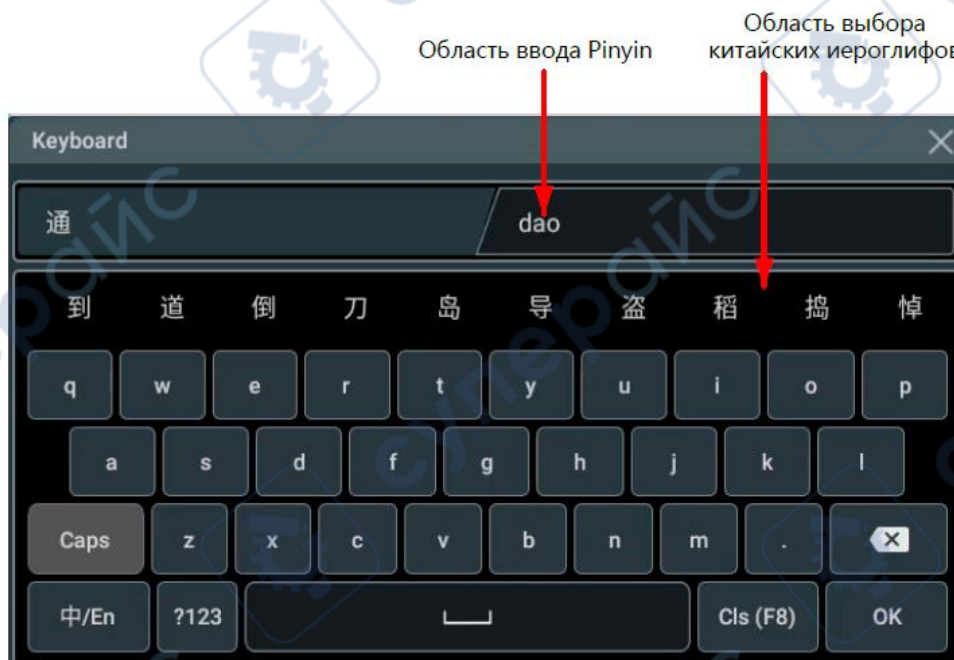
4. Для строчной буквы отключите Caps и введите букву.

5. Для цифр или символов переключитесь на цифровую клавиатуру и введите требуемые символы.

6. Для удаления используйте клавишу Backspace. Для изменения символа удалите ненужный символ и введите новый. Курсор можно переместить непосредственно к изменяемому месту.

7. После ввода выберите OK.

Ввод китайских символов



Интерфейс ввода китайского текста

1. Выберите метод 中/En; при необходимости переключитесь с En/中.

2. Очистите «Область ввода» клавишей Backspace. Если в области Pinyin имеются символы, они удаляются первыми.

3. Вводите Pinyin на виртуальной клавиатуре; варианты китайских символов отображаются в области выбора. Прокрутите список и выберите требуемый символ; он будет помещен в поле ввода.

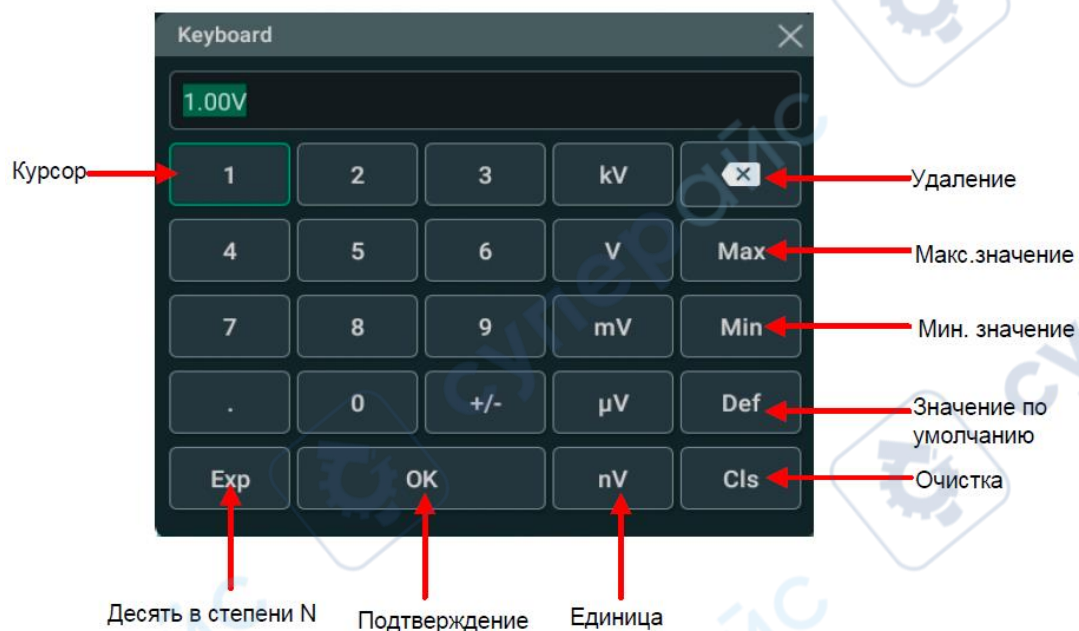
4. Для изменения или удаления используйте Backspace, затем введите требуемые символы заново.

5. После завершения выберите OK.

Ввод числового значения

При задании или изменении параметра используйте цифровую клавиатуру.

- Коснитесь цифры или единицы на клавиатуре для ввода.
- Либо поворачивайте назначенную многофункциональную ручку 1/2 для перемещения курсора и нажимайте ручку для выбора значения или единицы.



Цифровая клавиатура

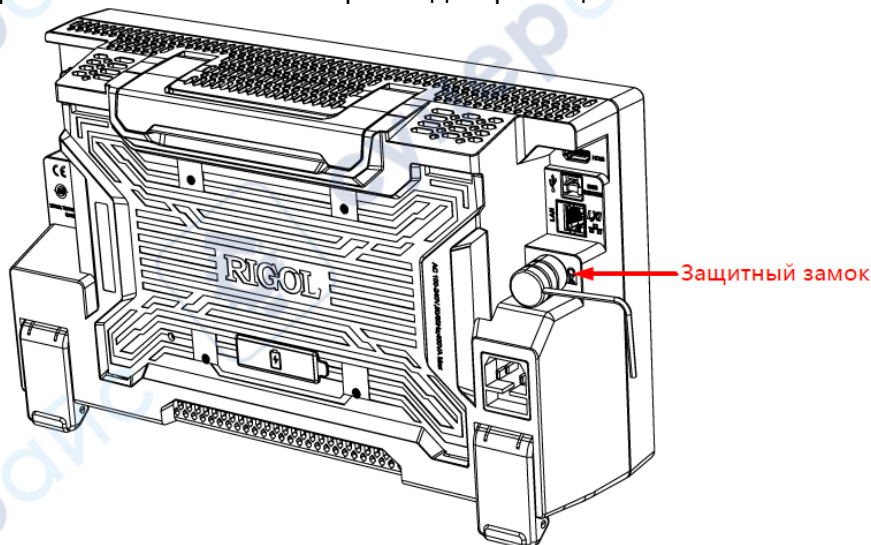
После ввода всех цифр и выбора единицы клавиатура закрывается автоматически. Также после ввода можно нажать ОК; в этом случае используется единица параметра по умолчанию.

С цифровой клавиатуры можно:

- удалить введенное значение;
- установить максимальное или минимальное допустимое значение;
- установить значение по умолчанию;
- очистить поле ввода.

3.8 Использование защитного замка

При необходимости прибор можно закрепить в фиксированном месте с помощью приобретаемого отдельно защитного замка. Совместите замок с отверстием, вставьте его вертикально, поверните ключ по часовой стрелке для фиксации и извлеките ключ.



Использование защитного замка

⚠ ВНИМАНИЕ. Не вставляйте в отверстие защитного замка посторонние предметы, чтобы не повредить прибор.

3.9 Использование встроенной справочной системы

Встроенная справка содержит сведения о функциях и меню прибора. Откройте  > **Help** через меню навигации по функциям. В справочной системе выберите ссылку соответствующего раздела для просмотра справки.

3.10 Просмотр информации об опциях и установка опций

Осциллографы серии поддерживают несколько опций. Также можно просматривать установленные опции и активировать приобретенные.

Просмотр установленной опции

Перед поставкой в прибор установлены пробные версии опций. Пробный период составляет 2160 минут и отсчитывается с первого включения прибора.

1. Нажмите значок навигации по функциям  в левом нижнем углу экрана и выберите **Utility**.

2. Выберите **Options** для просмотра списка опций. Для приобретенной и установленной опции отображается состояние Forever; для неустановленной — Limit.

Установка опции

Лицензия опции представляет собой строку фиксированного формата. Для каждого прибора используется уникальная лицензия. Файл лицензии должен иметь расширение .lic.

После приобретения опции вы получите ключ для получения лицензии.

1. Получение лицензии.

а. Войдите на официальный веб-сайт RIGOL и откройте **SERVICE CENTRE > License Activation**.

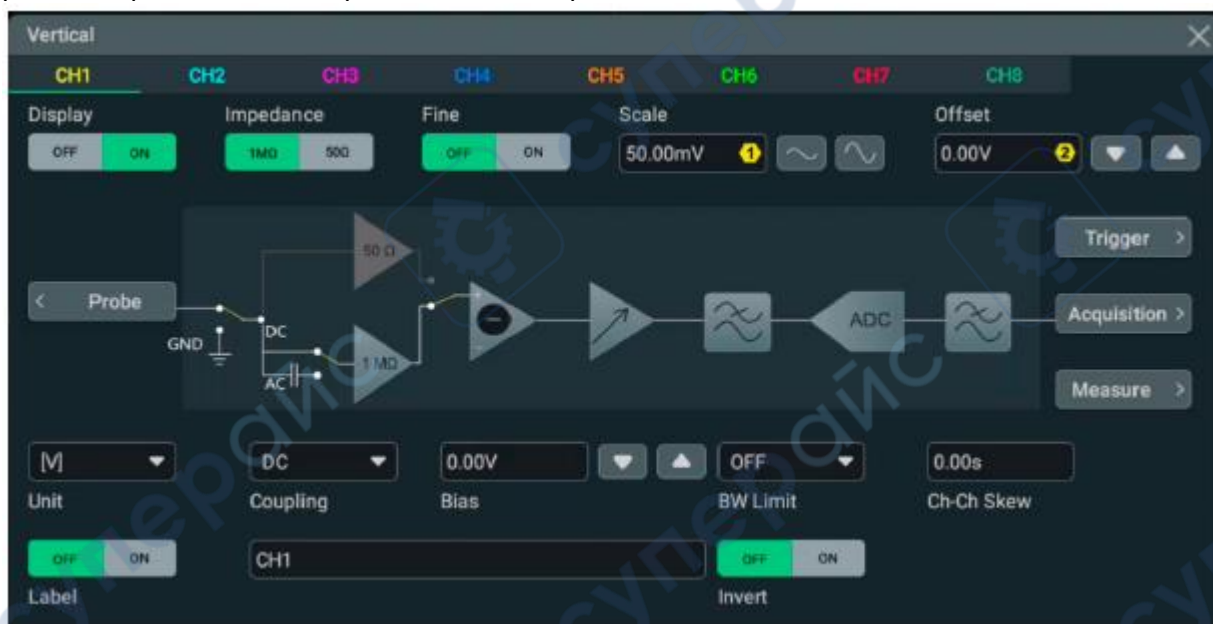
б. Введите правильный ключ, серийный номер прибора (его можно получить через  > **Utility > About**) и код проверки. Нажмите **Generate**, чтобы получить лицензию.

2. **Установка опции.** Выполните команду :SYSTem:OPTion:INSTall <license>. Подробности приведены в MHO/DHO5000 Programming Guide. Ручной ввод кода лицензии для установки опций не поддерживается.

4 Вертикальная система

Осциллограф имеет восемь аналоговых входных каналов CH1–CH8. Вертикальная система управления каждого канала независима, однако способ настройки одинаков для всех каналов. В настоящем разделе порядок настройки показан на примере CH1.

После выбора канала щелкните или коснитесь его метки состояния в нижней части экрана. Откроется меню вертикальных настроек канала.



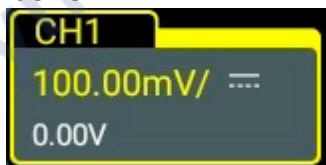
Меню Vertical

4.1 Включение и отключение аналогового канала

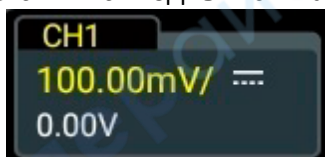
Включение аналогового канала

После подключения сигнала к CH1 канал можно включить одним из следующих способов:

- коснуться метки состояния канала в нижней части экрана;
- нажать клавишу **1** на передней панели; при включении загорается ее подсветка;
- в меню Vertical выбрать вкладку CH1 и установить Display = ON; значение OFF отключает CH1.



Информация в метке состояния зависит от текущих настроек канала и не зависит непосредственно от того, включен он или выключен. После включения настройте вертикальный масштаб, горизонтальную развертку, режим запуска и уровень запуска в соответствии с входным сигналом для удобного наблюдения и измерения.

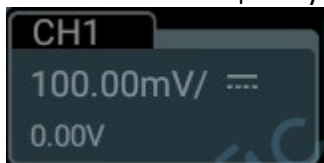


Если CH1 включен, но не активен, активируйте его касанием метки состояния, нажатием клавиши **1** либо выбором вкладки **CH1** в меню Vertical.

Отключение аналогового канала

Канал можно отключить следующим образом:

- если CH1 включен и активен, нажмите клавишу **1** на передней панели; либо откройте Vertical через метку состояния и повторно коснитесь метки;
- если CH1 включен, но не активен, сначала активируйте его, затем повторно нажмите **CH1** или коснитесь метки канала;
- установите **Display** = OFF в меню Vertical;
- также можно щелкнуть метку канала или перетащить ее вниз для отключения.



4.2 Настройка вертикального масштаба

Вертикальный масштаб задает значение напряжения на одно деление вертикальной оси и обычно выражается в В/дел. Изменение масштаба увеличивает или уменьшает отображаемую амплитуду; значение масштаба в метке состояния канала изменяется соответственно.

Вертикальный масштаб



Допустимый диапазон зависит от коэффициента пробника и входного импеданса. По умолчанию при производстве коэффициент пробника × коэффициент внешнего ослабления = 1X и входном импедансе 1 МОм диапазон составляет от 100 мкВ/дел до 10 В/дел.

⚠ ВНИМАНИЕ. При вертикальном масштабе ≤ 500 мкВ автоматически включается ограничение полосы пропускания.

Для включенного и активного CH1 вертикальный масштаб можно изменять:

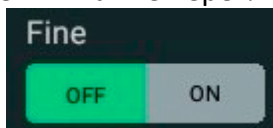
- ручкой **Vertical**  **SCALE**: по часовой стрелке масштаб уменьшается, против часовой — увеличивается;
- жестом сведения/разведения на сенсорном экране;
- в меню **Vertical**: кнопками увеличения/уменьшения справа от поля **Scale**, назначенной многофункциональной ручкой либо прямым вводом значения на цифровой клавиатуре.



Поле ввода

Увеличение Уменьшение

Параметр Fine переключает режим тонкой и грубой регулировки. По умолчанию Fine = OFF. Режим также переключается нажатием ручки **Vertical**  **SCALE**.

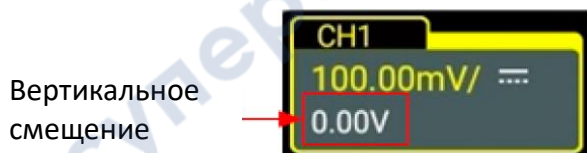


- **Точная регулировка:** позволяет изменять масштаб меньшими шагами для повышения вертикального разрешения. Этот режим особенно полезен, когда амплитуда сигнала немного превышает полный экран при текущем масштабе, а следующий стандартный масштаб делает сигнал слишком малым.

- **Грубая регулировка:** масштаб изменяется последовательностью 1-2-5: 100 мкВ/дел, 200 мкВ/дел, 500 мкВ/дел, 1 мВ/дел, 2 мВ/дел, 5 мВ/дел, 10 мВ/дел ... 10 В/дел.

4.3 Настройка вертикального смещения

Вертикальное смещение — смещение положения уровня земли сигнала относительно центра экрана по вертикали. Единица измерения соответствует выбранной единице амплитуды. При изменении смещения осциллограмма соответствующего канала перемещается вверх или вниз; значение смещения в метке состояния канала изменяется соответственно.



Диапазон регулировки зависит от входного импеданса, коэффициента пробника и вертикального масштаба.

Для включенного и активного CH1:

- поверните **Vertical**  **POSITION**: по часовой стрелке смещение увеличивается, против часовой — уменьшается; нажатием ручки смещение быстро сбрасывается в 0;
- используйте жест перетаскивания на сенсорном экране;
- в меню **Vertical** используйте стрелки возле поля **Offset**, назначенную multifunctional ручку или прямой ввод с цифровой клавиатуры.

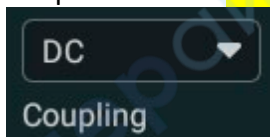


Поле ввода Увеличение Уменьшение

4.4 Связь входа канала

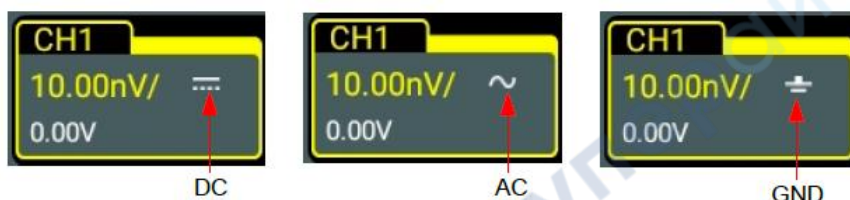
Выбор режима связи позволяет удалить нежелательные составляющие сигнала, например постоянную составляющую прямоугольного сигнала.

Откройте меню **Vertical** и выберите режим в **Coupling**:



- DC: через канал проходят постоянная и переменная составляющие;
- AC: постоянная составляющая блокируется;
- GND: блокируются постоянная и переменная составляющие.

Выбранный режим отображается в метке состояния канала.



СОВЕТ. При входном импедансе 50 Ω принудительно устанавливается связь DC, а меню **Coupling** становится недоступным для изменения.

4.5 Ограничение полосы пропускания

Функция BW Limit позволяет уменьшить шумы в отображаемом сигнале, например при наличии высокочастотных колебаний на импульсе.

- При отключенном ограничении высокочастотные составляющие проходят без специального ограничения.
 - При включенном ограничении составляющие выше выбранной полосы ослабляются.
- Откройте **Vertical** > **BW Limit** и выберите требуемую полосу. При включении значение полосы отображается в метке состояния канала.



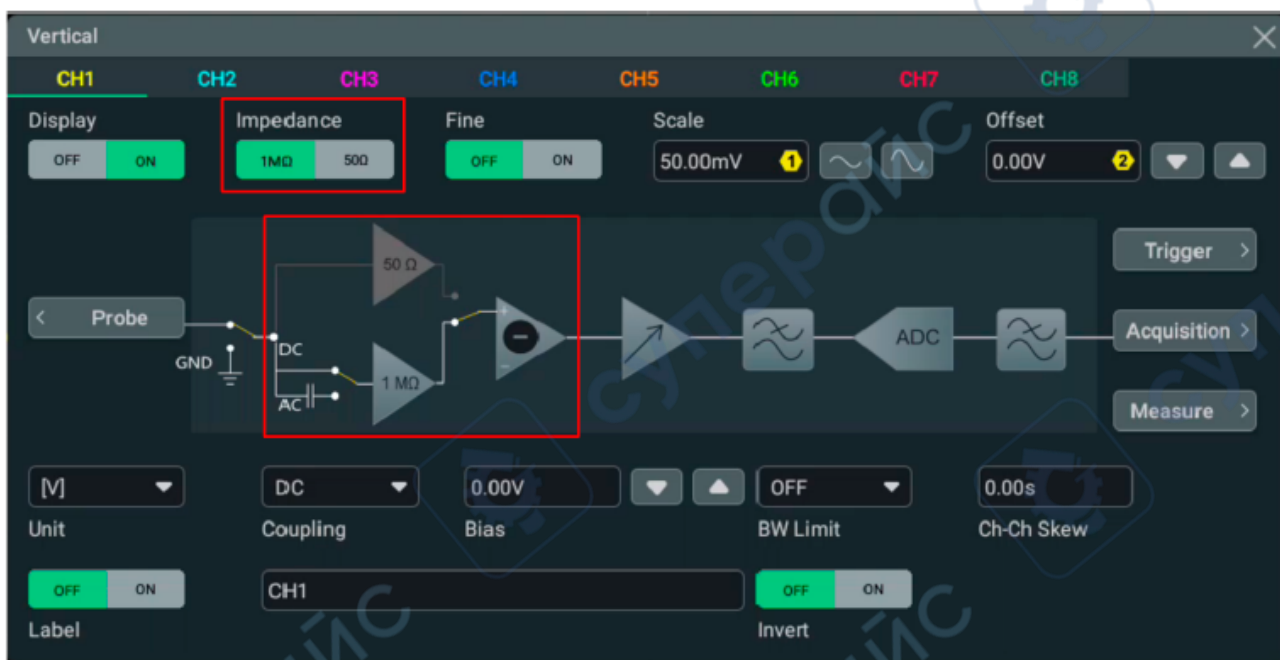
Поддерживаются 250 МГц и 20 МГц.

- При масштабе > 500 мкВ/дел ограничение полосы можно отключить.
- При масштабе $\leq$ 500 мкВ/дел автоматически включается ограничение 250 МГц и отключить его нельзя.
- При масштабе $\leq$ 200 мкВ/дел автоматически включается ограничение 20 МГц и отключить его нельзя.

4.6 Входной импеданс

Для уменьшения нагрузки исследуемой цепи осциллограф поддерживает два режима входного импеданса: 1 М Ω (по умолчанию) и 50 Ω . Выбор выполняется в меню **Vertical** > **Impedance**.

- 1 М Ω : входной импеданс очень высокий, поэтому ток, отбираемый от исследуемой цепи, можно считать пренебрежимо малым.
 - 50 Ω : обеспечивает согласование с устройством, имеющим выходной импеданс 50 Ом.
- После перехода в режим 50 Ом схема в меню **Vertical** изменяется соответствующим образом.



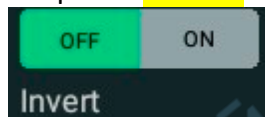
Переключение входного импеданса

СОВЕТ.

- Если осциллограф автоматически распознает пробник, входной импеданс также определяется автоматически и вручную задавать его не требуется.
- Входной импеданс влияет на допустимые диапазоны вертикального масштаба и смещения выбранного канала.

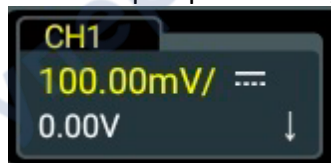
4.7 Инверсия осциллограммы

Откройте **Vertical** и установите **Invert** = ON/OFF.

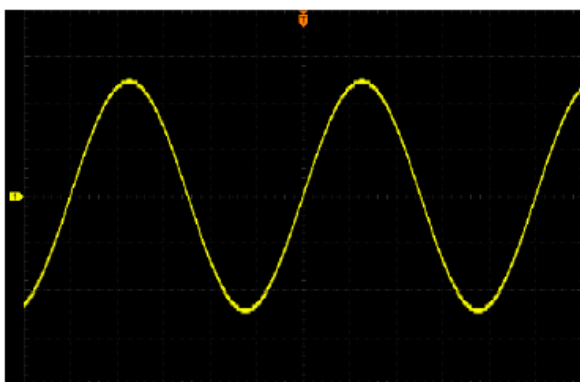


- OFF: сигнал отображается без инверсии.
- ON: значения напряжения отображаемой осциллограммы инвертируются.

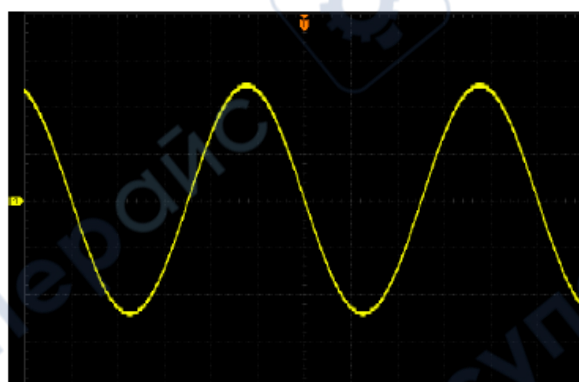
Если выбран режим ON, окно канала отображается так, как показано на рисунке ниже.



Инверсия влияет на результаты математических операций и измерений осциллограммы.



«Инверсия» OFF



«Инверсия» ON

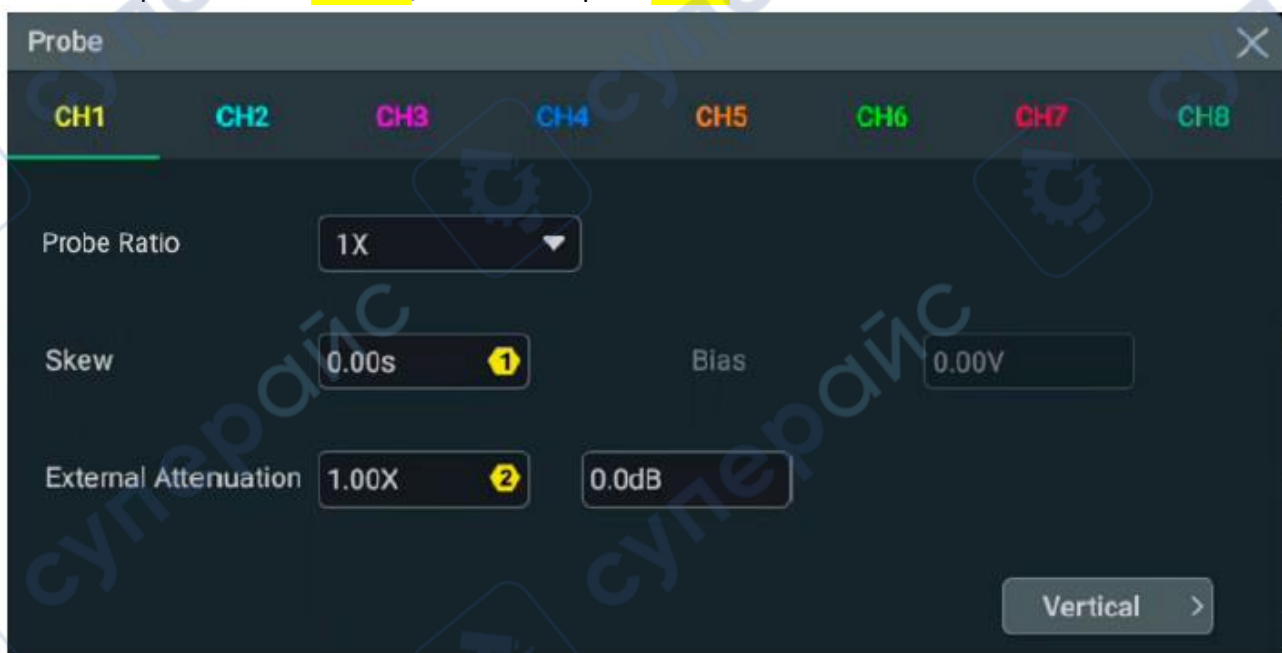
Инверсия осциллограммы.

СОВЕТ. При включенной инверсии изменяется фронт или полярность запуска, например для Edge, Pulse и Slope.

4.8 Пробник

Аналоговые каналы поддерживают как обычные пассивные, так и активные пробники. Осциллограф может автоматически определить тип подключенного пробника и его коэффициент. Подробные характеристики см. в руководстве соответствующего пробника.

Откройте меню **Vertical**, затем выберите **Probe**.



Меню настройки Probe

При работе с пробниками серий RP7000/PVA7000, например PVA7250, коэффициент пробника изменить нельзя; требуется выполнить калибровку пробника. Перечень поддерживаемых моделей приведен в MHO/DHO5000 Data Sheet.



Меню настройки активного пробника

Коэффициент пробника

Коэффициент пробника определяется отношением напряжения исследуемого сигнала к выходному напряжению пробника, поступающему на осциллограф. Чем выше коэффициент, тем выше чувствительность пробника и тем меньшие уровни сигнала могут быть обнаружены.

- Некоторые пробники с фиксированным коэффициентом ослабления распознаются автоматически; их коэффициент устанавливается автоматически.
- Если автоматическое распознавание невозможно, коэффициент необходимо задать вручную. Для правильных результатов измерений значение должно соответствовать фактическому пробнику. Значение по умолчанию — 1X.

При подключении пробника напряжения установите единицу амплитуды V. Допускаются следующие коэффициенты:

Коэффициент деления измерительного щупа напряжения

Меню	Отношение отображаемой амплитуды к фактической
0.001X	0.001:1
0.002X	0.002:1
0.003X	0.003:1
0.005X	0.005:1
0.01X	0.01:1

Меню	Отношение отображаемой амплитуды к фактической
0.02X	0.02:1
0.03X	0.03:1
0.05X	0.05:1
0.1X	0.1:1
0.2X	0.2:1
0.3X	0.3:1
0.5X	0.5:1
1X (по умолчанию)	1:1
2X	2:1
3X	3:1
5X	5:1
10X	10:1
15X	15:1
20X	20:1
50X	50:1
100X	100:1
150X	150:1
200X	200:1
500X	500:1
1000X	1000:1
1500X	1500:1
2000X	2000:1
5000X	5000:1
10000X	10000:1
15000X	15000:1
20000X	20000:1
50000X	50000:1

Для пробника тока установите единицу амплитуды А. Также можно задавать пользовательский коэффициент.

Меню	Отношение отображаемой амплитуды к фактической
0.001V/A	0.001
0.002V/A	0.002
0.003V/A	0.003
0.005V/A	0.005
0.01V/A	0.01
0.02V/A	0.02
0.03V/A	0.03
0.05V/A	0.05
0.1V/A	0.1
0.2V/A	0.2
0.3V/A	0.3
0.5V/A	0.5
1V/A	1
2V/A	2
3V/A	3
5V/A	5
10V/A	10

Внешнее ослабление

Осциллограф позволяет задавать коэффициент внешнего ослабления, в том числе в логарифмическом формате.

отображаемая амплитуда = фактическая амплитуда × коэффициент пробника × коэффициент ослабления.

Коэффициент ослабления не изменяет фактическую амплитуду сигнала.

Коэффициент пробника	Максимальное значение	Минимальное значение
≤ 1	100kX	(10μ / коэффициент пробника)X
> 1	(100k / коэффициент пробника)X	10 μX

Skew — компенсация задержки пробника

Для компенсации задержки распространения в кабеле пробника можно задать временную коррекцию Skew. Коснитесь поля **Skew** и введите значение на цифровой

клавиатуре либо используйте назначенную ручку. Диапазон: от -100,00 нс до +100,00 нс. Значение по умолчанию — 0,00 с.

Bias — смещение активного пробника

Для активных пробников предусмотрена регулировка напряжения смещения. Она позволяет сдвинуть исследуемый сигнал, выходящий за пределы динамического диапазона усилителя пробника, в допустимую область, сохраняя целостность сигнала. При работе с RP7000/PVA7000 задайте напряжение в поле Bias.

Информация о пробнике

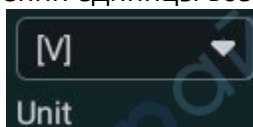
После автоматического распознавания в меню Probe можно просмотреть производителя, модель, серийный номер, дату последней калибровки и другие сведения.

Возврат к меню Vertical

В меню Probe выберите **Vertical** для возврата к вертикальным настройкам.

4.9 Единица амплитуды

Откройте **Vertical** > **Unit** и выберите W, A, V или U. По умолчанию используется V. При изменении единицы все связанные с каналом значения отображаются в выбранной единице.

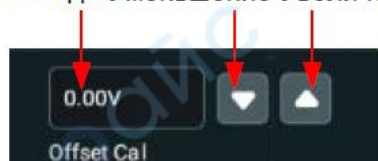


4.10 Bias — коррекция нулевого уровня канала

При реальных измерениях из-за температурного дрейфа компонентов или внешних воздействий возможен небольшой сдвиг нулевого уровня канала, влияющий на вертикальные измерения. Осциллограф позволяет задать корректирующее напряжение смещения для калибровки нулевой точки канала и повышения точности.

Используйте стрелки возле поля Bias, цифровую клавиатуру либо назначенную ручку. Диапазон доступного смещения зависит от входного импеданса и вертикального масштаба.

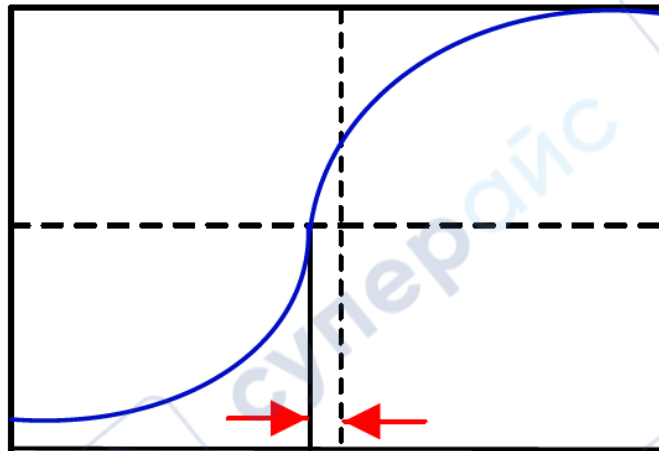
Поле ввода Уменьшение Увеличение



СОВЕТ. Если сдвиг нулевого уровня превышает диапазон регулировки, выполните самокалибровку прибора (SelfCal) для обеспечения точности.

4.11 Межканальная задержка

При измерениях задержка распространения в кабеле пробника может создавать заметную временную ошибку (нулевое смещение по времени). Прибор позволяет задавать задержку для калибровки соответствующего канала. Нулевое смещение определяется как смещение точки пересечения осциллограммы с линией уровня запуска относительно положения запуска.



Нулевое смещение

Нулевое временное смещение

В меню Vertical в поле **Ch-Ch Skew** задайте межканальную задержку. Диапазон: от -100 нс до +100 нс.

4.12 Метка канала

По умолчанию канал обозначается его номером. Для удобства можно задать собственную метку. Например, **CH1**.

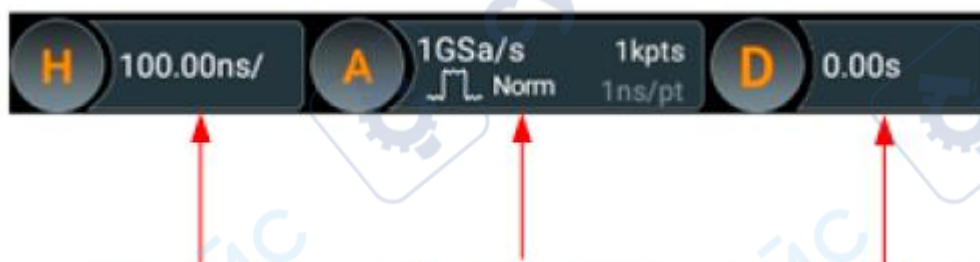
Откройте **Vertical**, установите **Label** = ON/OFF для отображения или скрытия метки. Для задания имени коснитесь поля метки и введите требуемый текст на виртуальной клавиатуре.



5 Горизонтальная система

Для открытия меню горизонтальной системы используйте один из способов:

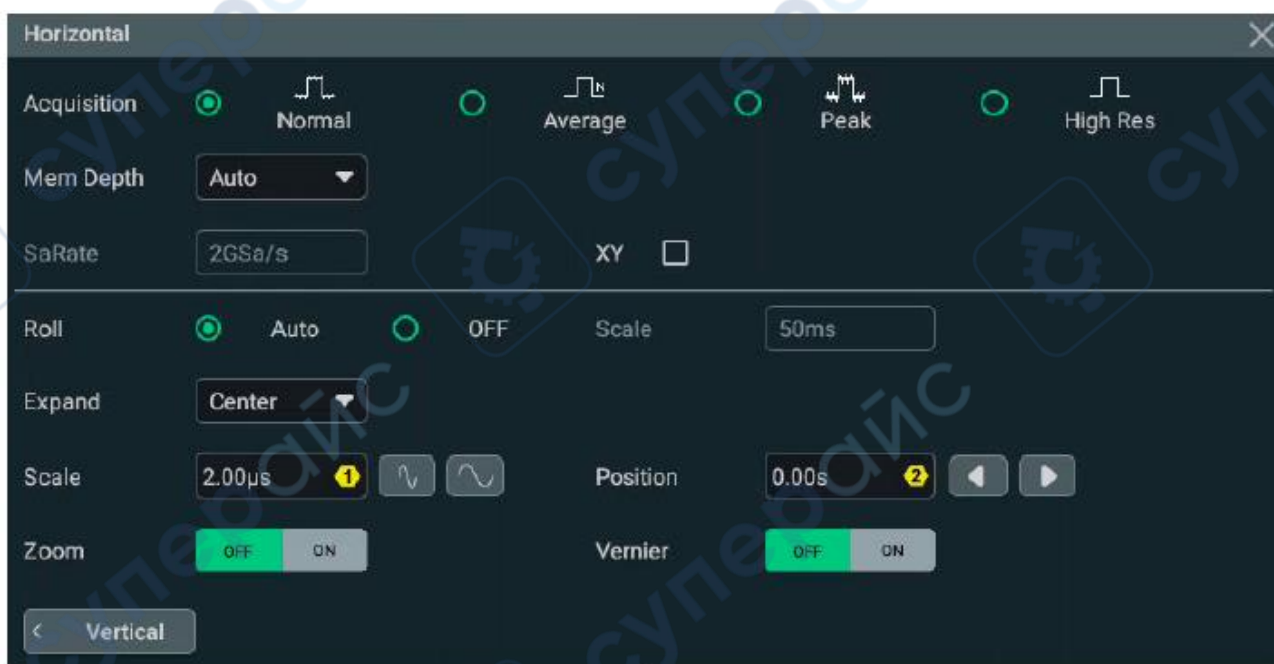
- нажмите соответствующую клавишу горизонтального управления  на передней панели;
- коснитесь метки канала внизу экрана, затем в меню **Vertical** выберите **Acquisition**;
- коснитесь индикатора горизонтальной развертки (H), индикатора сбора данных (A) или индикатора горизонтального положения (D) в верхней части экрана.



Горизонтальная развертка

Частота дискретизации

Горизонтальное положение

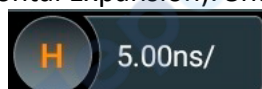


Меню горизонтальной системы

5.1 Настройка горизонтальной развертки

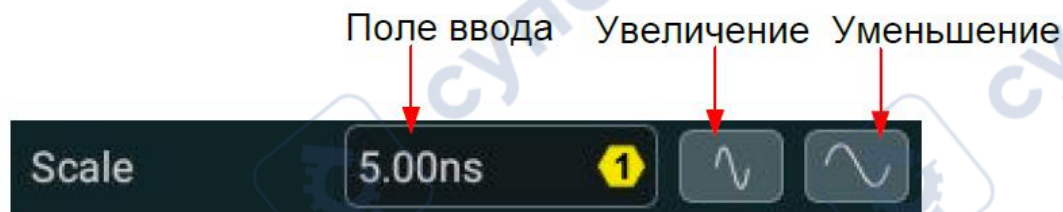
Горизонтальная развертка (горизонтальный масштаб) — время, соответствующее одному делению по горизонтали, обычно в с/дел. Диапазон: от 200 пс/дел до 500 с/дел.

При изменении развертки осциллограммы всех каналов растягиваются или сжимаются по горизонтали относительно выбранной опорной точки горизонтального расширения (Horizontal Expansion). Значение в индикаторе H изменяется соответственно.



Способы настройки:

- поворот **Horizontal**  **SCALE**: по часовой стрелке развертка уменьшается, против часовой — увеличивается;
- жест сведения/разведения на сенсорном экране;
- в меню **Horizontal**: стрелки возле поля **Scale**, назначенная многофункциональная ручка либо прямой ввод значения.



Параметр **Vernier** переключает ON — точную регулировку и OFF — грубую. Режим также

переключается нажатием **Horizontal**  **SCALE**.

- **Грубая регулировка**: развертка изменяется последовательностью 1-2-5 в пределах допустимого диапазона.
- **Точная регулировка**: развертка изменяется более мелким шагом.

5.2 Настройка горизонтального положения

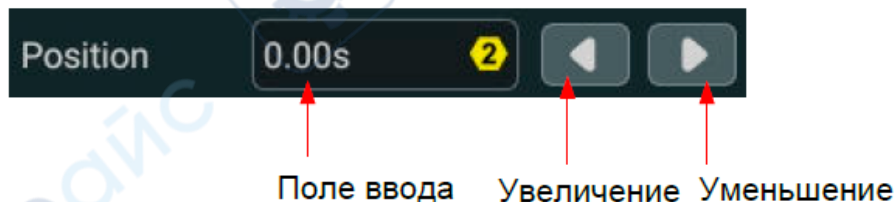
Горизонтальное положение, также называемое положением запуска, определяет положение точки запуска всех осциллограмм по горизонтали относительно центра экрана. Если точка запуска расположена левее центра, значение положительное; если правее — отрицательное.

При изменении положения точки запуска и все осциллограммы перемещаются влево или вправо, а индикатор положения в верхней части экрана изменяется соответственно.



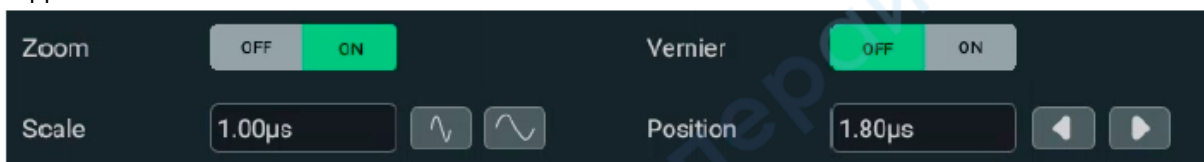
Способы настройки:

- вращайте **Horizontal**  **POSITION**: по часовой стрелке значение уменьшается, против часовой — увеличивается; нажатием ручки положение сбрасывается в 0;
- используйте жест перетаскивания;
- в меню **Horizontal** используйте назначенную ручку или стрелки возле поля **Position**; также можно ввести значение напрямую.



5.3 Режим Zoom (отложенная развертка)

Режим Zoom позволяет растянуть по горизонтали выбранный участок осциллограммы для просмотра деталей. В меню **Horizontal** установите **Zoom** = ON/OFF. При включении можно задавать масштаб и положение окна Zoom.



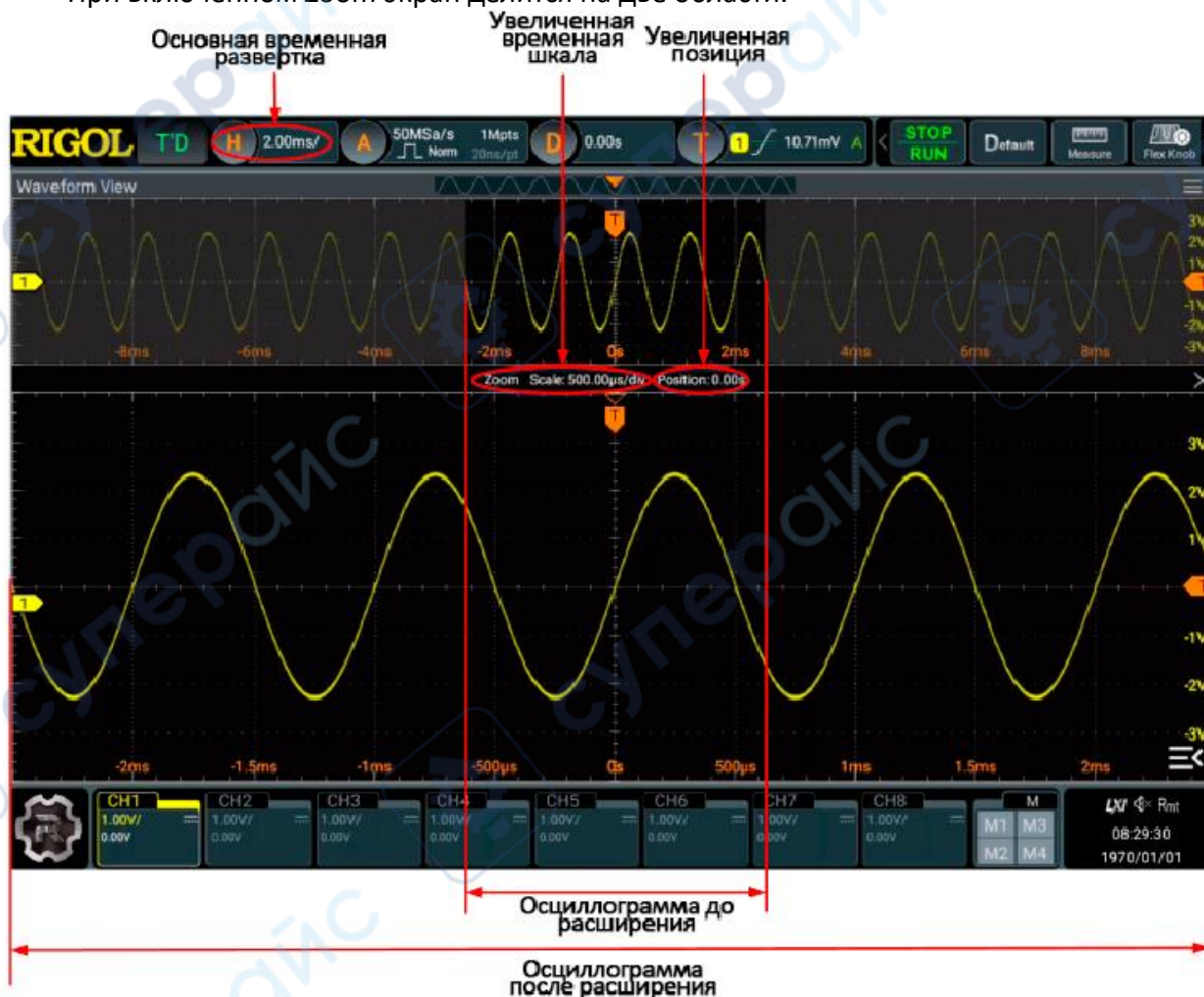
↑
Поле ввода масштаба Увеличение Уменьшение

↑
Поле ввода позиции Увеличение Уменьшение

- **Zoomed Scale:** изменяйте развертку окна Zoom соответствующей ручкой, стрелками возле поля Scale либо прямым вводом.

- **Zoomed Position:** изменяйте положение окна Zoom соответствующей ручкой, стрелками возле поля Position либо прямым вводом.

При включенном Zoom экран делится на две области.



Режим Zoom

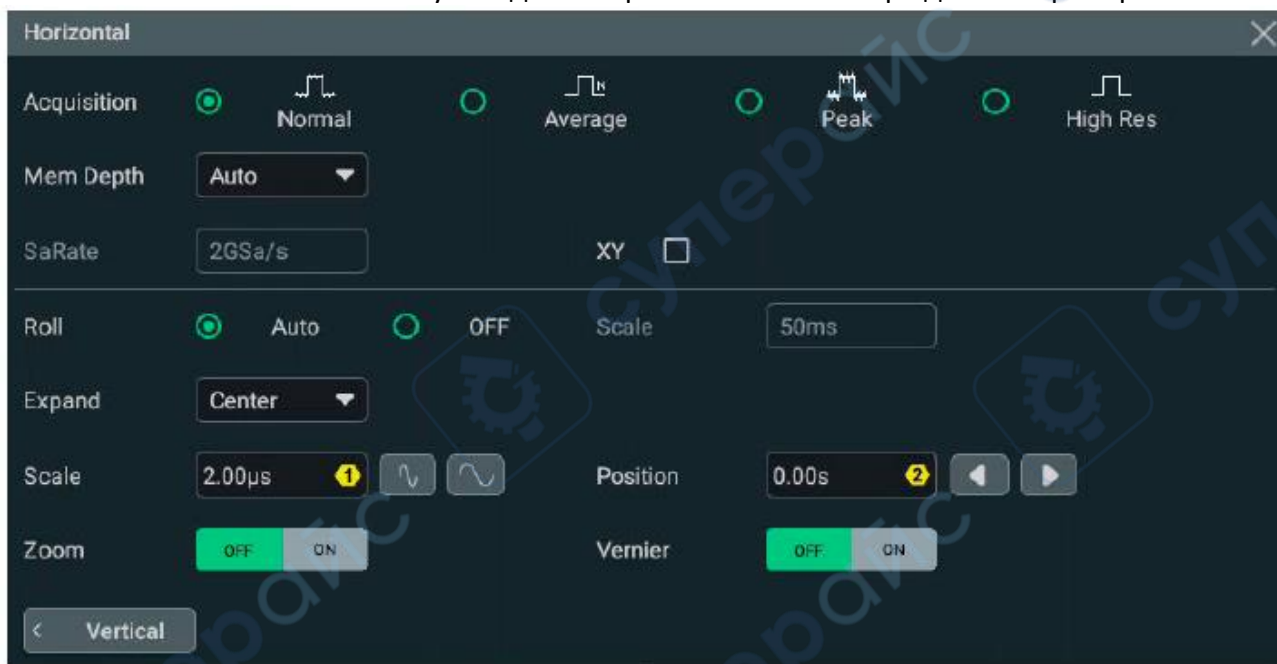
- **Осциллограмма до увеличения:** верхняя часть экрана, не перекрытая полупрозрачной серой областью, показывает обычную осциллограмму. Ее горизонтальная развертка называется основной и указывается в левом верхнем углу. Область можно перемещать по горизонтали регулировкой положения и изменять ее размер регулировкой масштаба.

- **Осциллограмма после увеличения:** нижняя часть показывает горизонтально растянутый фрагмент. Ее развертка отображается по центру и имеет более высокое горизонтальное разрешение по сравнению с основной.

СОВЕТ. Развертка окна Zoom должна быть меньше или равна основной развертке.

6 Система сбора данных

Меню Horizontal используется для настройки системы сбора данных прибора.



Меню Horizontal

6.1 Режим сбора данных

Режим сбора определяет способ формирования точек осциллограммы из отсчетов.

В меню **Horizontal** выберите требуемое значение **Acquisition**: Normal, Average, Peak или High Res. По умолчанию используется Normal. Текущий режим отображается в индикаторе сбора данных в верхней части экрана.



Normal

В режиме Normal осциллограф дискретизирует сигнал с фиксированным временным интервалом и восстанавливает осциллограмму. Для большинства сигналов этот режим обеспечивает оптимальное отображение.

Average

Осциллограф усредняет результаты нескольких захватов для уменьшения случайного шума входного сигнала и повышения вертикального разрешения. Чем больше число усреднений, тем ниже шум и выше вертикальное разрешение, однако тем медленнее отображаемая осциллограмма реагирует на изменения сигнала.

При выборе Average задайте число усреднений в поле **Averages** с цифровой клавиатуры либо соответствующей многофункциональной ручкой. Диапазон: от 2 до 65536; значение по умолчанию — 2.

СОВЕТ. Число усреднений должно быть степенью 2. Если введенное значение не является степенью 2, отображается сообщение Truncation average error, после чего автоматически устанавливается ближайшая меньшая степень 2.

Peak

В режиме Peak в каждом интервале сбора фиксируются максимальное и минимальное значения сигнала, что позволяет получить огибающую и обнаружить узкие импульсы, которые могли бы быть пропущены.

Режим помогает предотвращать наложение спектров, но отображаемый уровень шума увеличивается. Минимальная обнаруживаемая длительность импульса равна периоду дискретизации.

High Resolution

Режим High Resolution использует сверхдискретизацию и усреднение соседних отсчетов для уменьшения случайного шума и формирования более гладкой осциллограммы. Обычно он применяется, когда частота дискретизации АЦП выше скорости записи в память сбора данных.

При выборе High Res в поле **Bits** выберите 14 (по умолчанию) или 16 бит. Соответствующая выбранному разряду полоса пропускания отображается справа от поля Bits.

СОВЕТ.

- В Average используется усреднение нескольких захватов (Multi-sample Average), а в High Res — усреднение в пределах одного захвата (Single Sample Average).
- В High Res точность повышается за счет уменьшения полосы пропускания. При каждом изменении частоты дискретизации текущая полоса указывается справа от **Bits**.

6.2 Режим дискретизации

Осциллограф поддерживает только дискретизацию в реальном времени. Осциллограмма формируется из отсчетов, собранных за одно событие запуска. Максимальная частота дискретизации для серии — 4 Гвыб/с. Текущее значение отображается в индикаторе сбора данных в верхней части экрана.

По умолчанию индикатор рабочего состояния в левом верхнем углу подсвечен зеленым и означает дискретизацию в реальном времени; кнопка STOP/RUN также зеленая. Для

остановки нажмите **STOP/RUN** или соответствующую клавишу



передней панели.

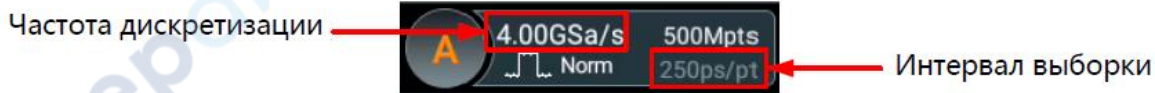
После остановки отображается красный STOP, кнопка и подсветка клавиши становятся красными. Прибор сохраняет последнюю захваченную осциллограмму; ее по-прежнему можно перемещать и масштабировать органами горизонтального и вертикального управления.



6.3 Частота дискретизации

Дискретизация — преобразование аналогового сигнала в цифровые данные через заданные временные интервалы с последовательным сохранением отсчетов. Частота дискретизации является величиной, обратной интервалу дискретизации.

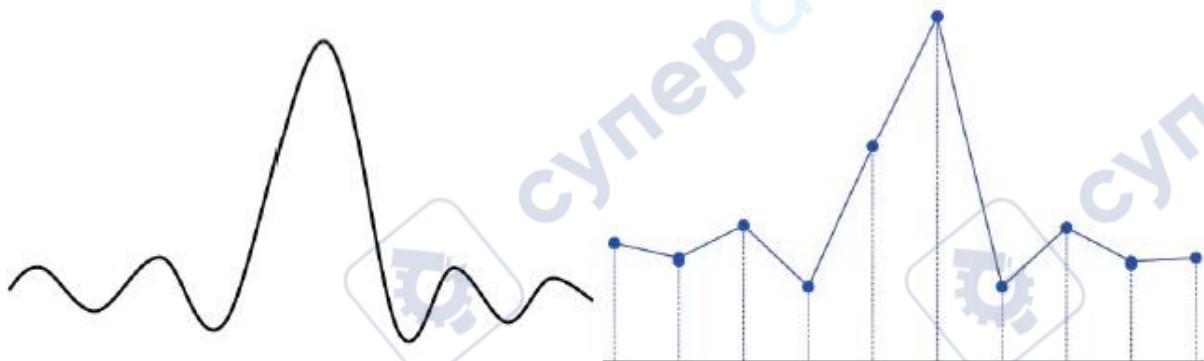
В меню **Horizontal** параметр SaRate показывает текущую частоту дискретизации; то же значение отображается в индикаторе A в верхней части экрана.



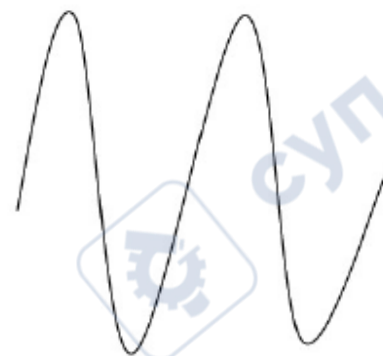
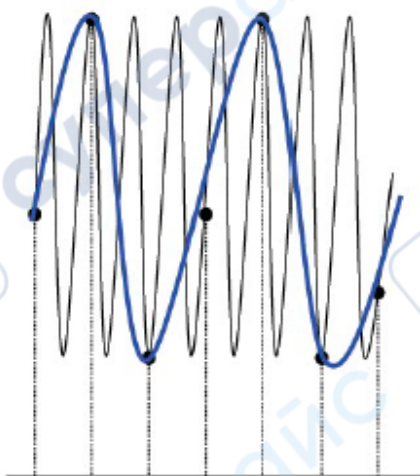
Максимальная частота дискретизации в реальном времени — 4 Гвыб/с. Для DHO5058 и DHO5108 при включении всех каналов максимальная частота составляет 2 Гвыб/с.

Слишком низкая частота дискретизации может приводить к следующим эффектам:

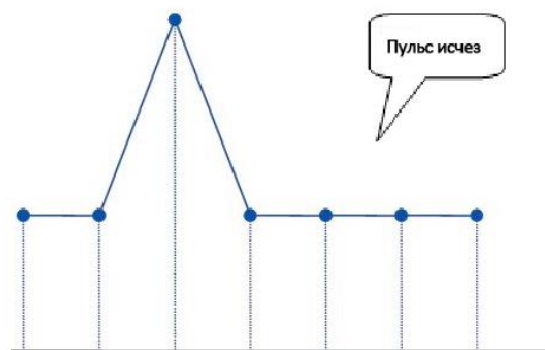
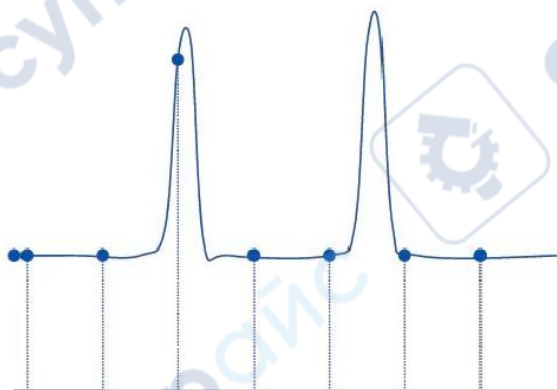
- **Искажение осциллограммы:** часть деталей теряется, и отображаемая форма существенно отличается от фактического сигнала.



- **Наложение спектров (aliasing):** если частота дискретизации меньше удвоенной частоты фактического сигнала (критерия Найквиста), частота восстановленной осциллограммы оказывается ниже фактической.

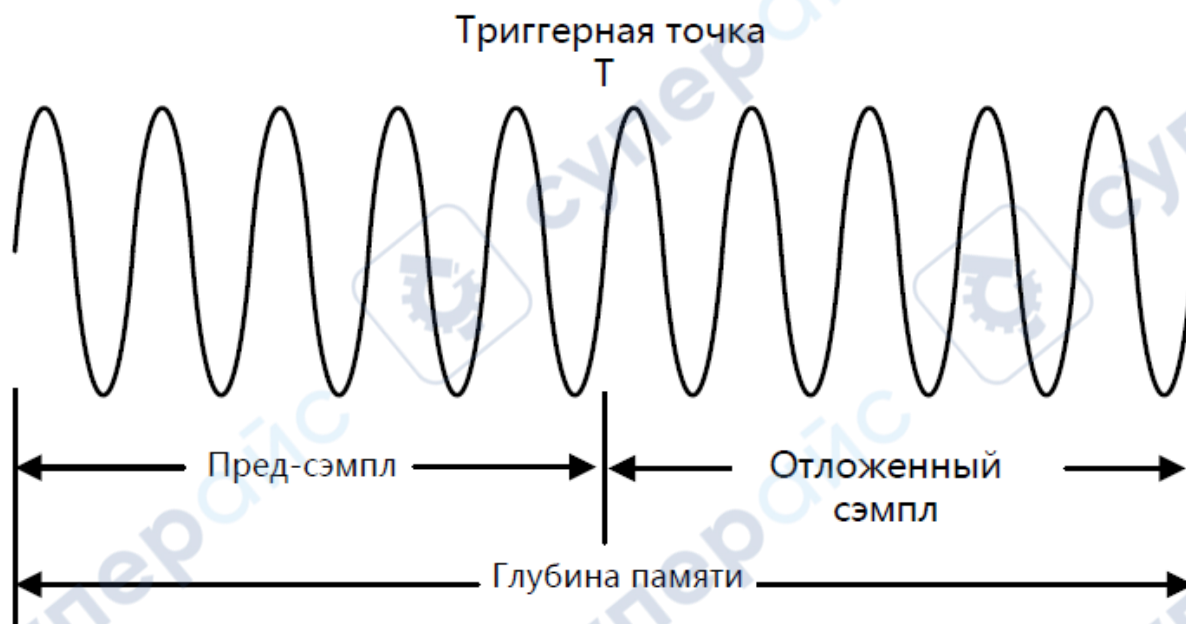


- **Потеря информации об осциллограмме:** восстановленный сигнал не отражает всей информации исходного сигнала.



6.4 Глубина памяти

Глубина памяти — количество точек, сохраняемых осциллографом за один запуск. Она характеризует емкость памяти сбора данных. Для серии МНО/DHO5000 стандартно доступно до 500 млн точек на канал.



Глубина памяти

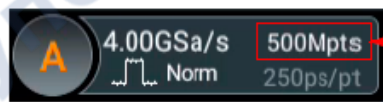
Соотношение: $MDepth \geq SRate \times TScale \times HDivs$

где:

- **MDepth** — глубина памяти, точек;
- **SRate** — частота дискретизации, выб/с;
- **TScale** — горизонтальная развертка, с/дел;
- **HDivs** — число делений по горизонтали, дел.

Следовательно, при одной и той же горизонтальной развертке большая глубина памяти позволяет поддерживать более высокую частоту дискретизации.

В меню **Horizontal** > **Mem Depth** выберите глубину памяти. По умолчанию — 10 kpts. Значение отображается в индикаторе частоты дискретизации в верхней части экрана.



Глубина памяти

Группировка каналов:

- CH1, CH3, CH5 и CH7 образуют одну группу;
- CH2, CH4, CH6 и CH8 — вторую группу.

Если включен один или несколько каналов только одной группы, доступны: Auto, 1 kpts, 10 kpts, 100 kpts, 1 Mpts, 10 Mpts, 25 Mpts, 50 Mpts, 100 Mpts, 125 Mpts, 200 Mpts, 250 Mpts и 500 Mpts.

Если активны каналы обеих групп, доступны: Auto, 1 kpts, 10 kpts, 100 kpts, 1 Mpts, 10 Mpts, 25 Mpts, 50 Mpts, 100 Mpts, 125 Mpts и 250 Mpts.

СОВЕТ

- В режиме Auto глубина памяти выбирается автоматически по текущей частоте дискретизации.
- При Acquisition = High Res значение Auto для глубины памяти недоступно.
- При Acquisition = Average доступны только 1 kpts, 10 kpts, 100 kpts, 1 Mpts и 10 Mpts.

6.5 Горизонтальное расширение

Horizontal Expansion определяет опорное положение, относительно которого осциллограмма растягивается или сжимается при изменении горизонтальной развертки.

В **Horizontal** > **Expand** выберите:

- **Center** — относительно центра экрана; значение по умолчанию;
- **Left** — относительно левой границы;
- **Right** — относительно правой границы;
- **Trigger** — относительно точки запуска;
- **User** — относительно пользовательской опорной позиции.

При выборе User коснитесь поля **User Expansion** и задайте опорное значение от -500 до 500. Значение по умолчанию — 0.

6.6 Режим Roll

Режим Roll перемещает осциллограмму по экрану справа налево и позволяет наблюдать поступающие данные, не дожидаясь завершения полного захвата. В меню **Horizontal** > **Roll** выберите Auto или OFF.

- Auto: режим Roll включается автоматически при горизонтальной развертке 50 мс/дел или медленнее.
- OFF: Roll отключен. При развертке 200 мс/дел или медленнее осциллограф работает в режиме медленной развертки: сначала собираются данные слева от точки запуска, затем прибор ожидает запуска, после чего продолжает сбор справа от точки запуска. Для низкочастотных сигналов рекомендуется Channel Coupling = DC.

СОВЕТ.

- Включение Roll при активном Zoom автоматически отключает Zoom.
- При включенном Roll недоступны: настройка горизонтального положения во время работы (при STOP она доступна), Zoom, система запуска, Pass/Fail, запись/воспроизведение сигналов, время послесвечения, Average и XY.

6.7 Режим XY

По умолчанию используется режим YT: по оси Y отображается напряжение, по оси X — время. В режиме XY обе оси представляют напряжение, и два входных канала отображаются в формате «напряжение—напряжение».

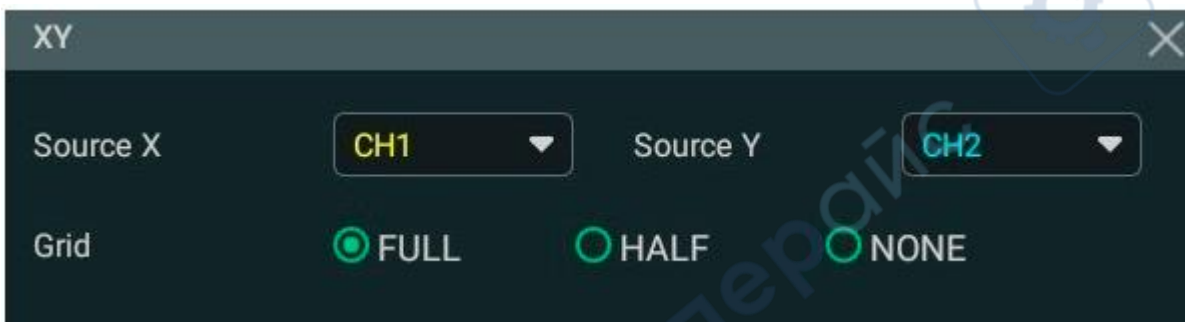
Включение XY

Используйте один из способов:

- откройте **Windows** в меню навигации или на панели инструментов, затем **Diagram** > **XY** > **Add**;
- нажмите **XY** в меню навигации или на панели инструментов;
- в меню Horizontal установите флажок **XY**.

Настройка XY

Откройте меню конфигурации кнопкой  в правом верхнем углу окна XY.



Меню XY

- **Source X**: канал для оси X.
- **Source Y**: канал для оси Y.
- **Grid**: параметры сетки окна XY; см. раздел настройки экранной сетки.

Измерение фазового сдвига

В режиме XY методом фигур Лиссажу можно измерять фазовый сдвиг двух входных сигналов одинаковой частоты.

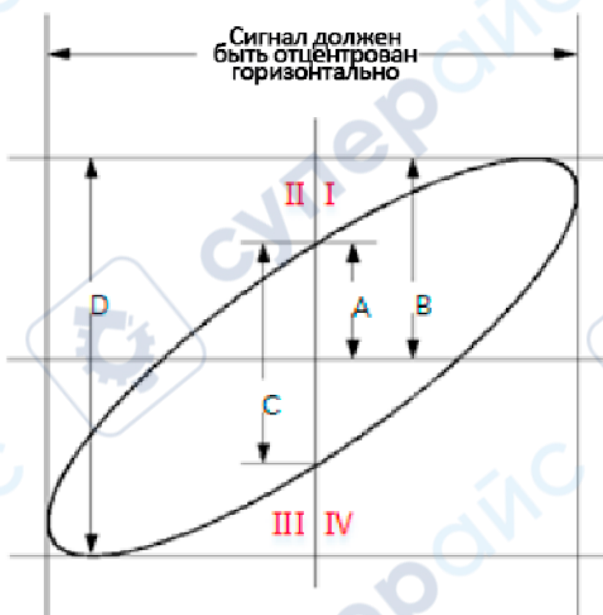


Схема измерения фазового сдвига

Согласно рисунку: $\sin \theta = A/B$ или $\sin \theta = C/D$, следовательно:

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

Если главная ось эллипса находится в квадрантах I и III, фазовый угол следует выбирать в квадрантах I или IV: $(0 \dots \pi/2)$ или $(3\pi/2 \dots 2\pi)$. Если главная ось находится в квадрантах II и IV, фазовый угол должен находиться в квадрантах II или III: $(\pi/2 \dots \pi)$ или $(\pi \dots 3\pi/2)$.

Режим XY может применяться для измерения фазового сдвига, вносимого исследуемой цепью: подключите осциллограф к входу и выходу цепи и наблюдайте оба сигнала.

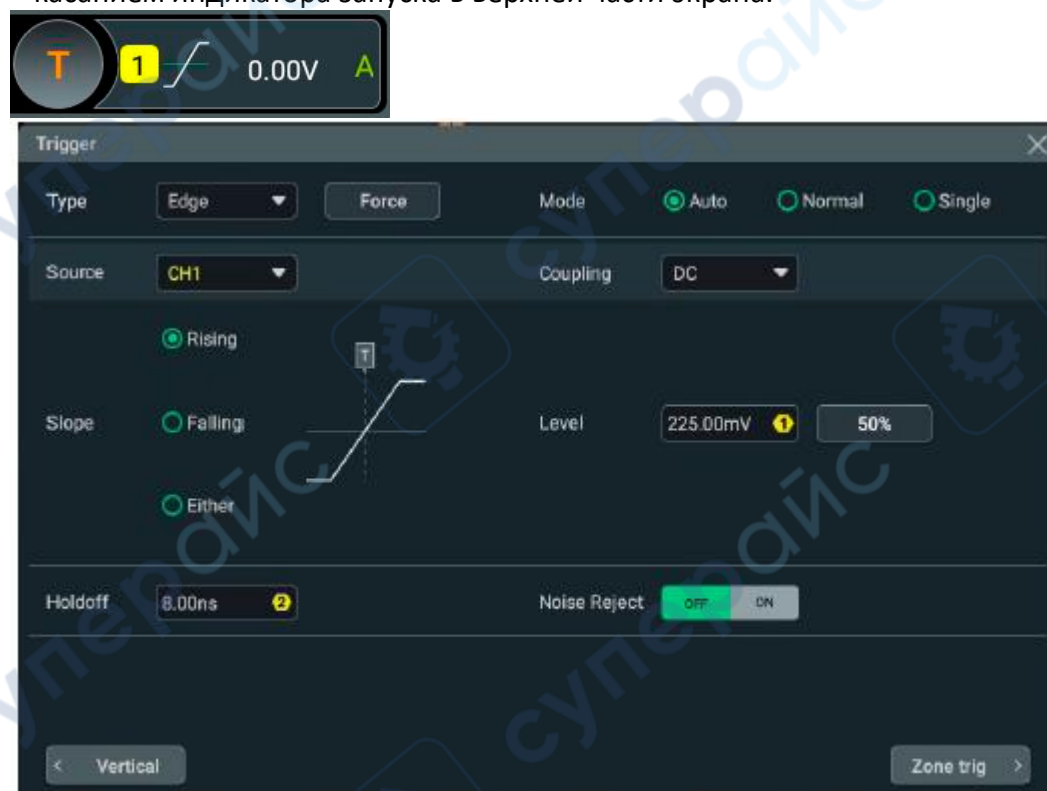
7 Система запуска осциллографа (триггер)

Система запуска позволяет задавать требуемые условия запуска. После выполнения заданного условия осциллограф захватывает соответствующий фрагмент сигнала вместе с соседними данными и отображает его на экране. Цифровой осциллограф непрерывно дискретизирует сигнал независимо от наличия устойчивого запуска, однако только устойчивый запуск обеспечивает стабильное отображение осциллограммы. Модуль запуска обеспечивает начало каждого захвата/развертки с заданного пользователем условия, синхронизируя последовательные захваты и накладывая их для получения устойчивого изображения.

Параметры запуска следует выбирать с учетом особенностей исследуемого сигнала. Для быстрого захвата требуемых событий необходимо понимать характер сигнала. Осциллограф поддерживает различные типы запуска для выделения интересных деталей.

Открыть меню **Trigger** можно:

- клавишей **Trigger** на передней панели;
- кнопкой **Trigger** в меню Vertical;
- касанием индикатора запуска в верхней части экрана.



Меню системы запуска

7.1 Источник запуска

В меню Trigger > **Source** выберите источник: аналоговый канал, цифровой канал, EXT или AC Line.

Аналоговый канал

Любой аналоговый канал может быть источником запуска независимо от того, включено ли его отображение.

- DHO5058/DHO5108: CH1–CH8;

- МНО5056/МНО5106: CH1–CH6;
- МНО5054/МНО5104: CH1–CH4.

Цифровой канал — только серия МНО

Любой цифровой канал D0–D15 может использоваться как источник независимо от того, включен ли он.

AC Line

В качестве источника используется сеть питания осциллографа. Такой запуск обычно применяется для сигналов, связанных с частотой сети, например для стабильного запуска сигнала с выхода трансформатора. Основная область применения — измерения в энергетике.

EXT — внешний запуск

Внешний источник позволяет использовать дополнительный сигнал запуска при одновременном сборе данных всеми восемью аналоговыми каналами. Сигнал, например внешний тактовый или сигнал исследуемой цепи, подается через разъем [EXT TRIG]. Уровень запуска задается в диапазоне от -8 В до +8 В.

7.2 Уровень запуска

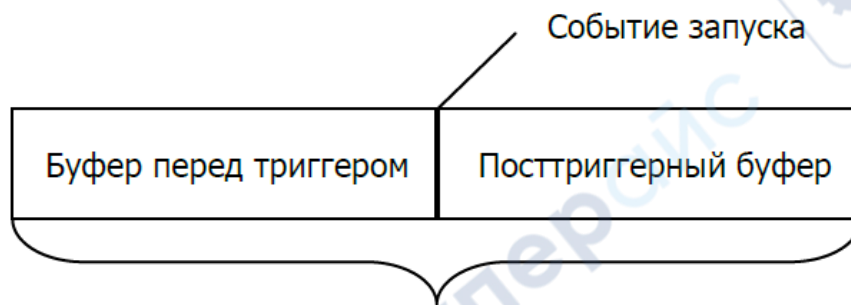
Уровень запуска определяет положение точки запуска на фронте. Способ регулировки зависит от источника.

- Для аналогового или цифрового канала используйте ручку  **LEVEL**, назначенную многофункциональную ручку при открытом меню либо поле **Level** с цифровой клавиатурой.
- Для D0–D15 порог задается на вкладке основных настроек логического анализатора; текущий порог отображается в индикаторе запуска.
- Во время регулировки для аналогового канала отображаются линия уровня запуска цвета канала и значок запуска ; после прекращения регулировки линия исчезает приблизительно через 2 с. Текущее значение остается в индикаторе.
- Для Runt, Slope и Window необходимо задавать верхний и нижний уровни; справа отображаются два соответствующих указателя  **T1** и  **T2**.
- Для AC Line уровень запуска не задается.
- Для EXT значение изменяется ручкой  **LEVEL**, назначенной ручкой или через поле Level; при регулировке изменяется только числовое значение, линия уровня на экране не отображается.

Для запуска с одним уровнем можно выбрать 50% в меню или нажать ручку LEVEL, чтобы установить уровень в середину размаха осциллограммы. Для запуска с двумя уровнями (Slope, Runt, Window, MIL-STD-1553) используйте 90% для Level A и 10% для Level B, чтобы разместить уровни внутри амплитудного диапазона сигнала.

7.3 Режим запуска

Память сбора условно разделяется на буфер до запуска и буфер после запуска.



Память сбора данных

Схема памяти сбора данных

После запуска работы прибор сначала заполняет буфер до запуска. Затем начинает поиск условия запуска, продолжая записывать новые данные в этот буфер с перезаписью старых. При обнаружении события запуска буфер содержит данные непосредственно перед событием. После этого заполняется буфер после запуска, и содержимое всей памяти отображается на экране.

При непрерывном запуске  процесс повторяется. При одиночном запуске  после одного захвата прибор останавливается; сохраненную осциллограмму можно перемещать и масштабировать.

Доступны режимы Auto, Normal и Single. По умолчанию — Auto. В индикаторе запуска они отображаются как A, N и S.



- **Auto:** если заданное условие не найдено, прибор формирует принудительные запуски и выполняет захваты для отображения сигнала. Используется при неизвестном уровне сигнала, необходимости наблюдения постоянной составляющей или когда условие запуска возникает постоянно и принудительный запуск не мешает.

- **Normal:** захват выполняется только при выполнении заданного условия. Используйте для сигналов с низкой частотой повторения, для захвата только заданных событий и для исключения автоматических запусков при получении устойчивого изображения.

- **Single:** после обнаружения условия выполняется один запуск и один захват, затем прибор останавливается. Используется для единичных событий и последующего анализа. Последующие данные не перезаписывают текущую осциллограмму.

В режимах **Normal** и **Single** можно выполнить принудительный запуск кнопкой  в меню или соответствующей клавишей передней панели.

7.4 Связь тракта запуска

Trigger Coupling определяет, какие составляющие сигнала передаются в модуль запуска. Не путайте с Channel Coupling. Функция доступна только для типа Edge, когда источником является аналоговый канал.

В **Trigger** > **Coupling** выберите:



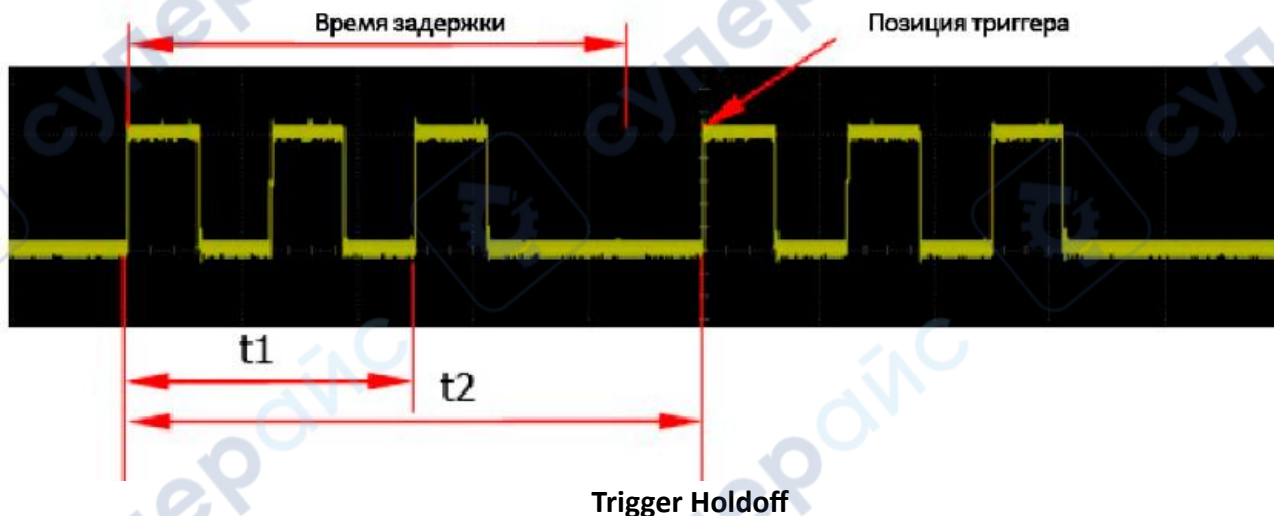
- DC — пропускает постоянную и переменную составляющие; значение по умолчанию;
- AC — блокирует постоянную составляющую и ослабляет сигнал;
- LFR — блокирует постоянную и подавляет низкочастотные составляющие;
- HFR — подавляет высокочастотные составляющие.

СОВЕТ. При AC или LFR линия и значок уровня запуска не отображаются; во время регулировки видны только изменения числового значения в индикаторе запуска.

7.5 Задержка повторного запуска — Holdoff

Trigger Holdoff используется для устойчивого запуска сложных периодических сигналов, имеющих несколько фронтов или событий внутри одного периода, например серий импульсов. Holdoff — интервал после правильного запуска, в течение которого модуль запуска не переходит в состояние готовности. Даже если условие выполняется в этот интервал, нового запуска не происходит; модуль активируется после окончания Holdoff.

Для стабильного запуска серии импульсов на рисунке Holdoff следует установить больше t_1 , но меньше t_2 .



Задайте значение в поле **Holdoff** цифровой клавиатурой либо назначенной многофункциональной ручкой. По умолчанию — 8 нс. Диапазон: от 8 нс до 10 с.

7.6 Подавление шума

Noise Reject подавляет высокочастотный шум и уменьшает вероятность ложного запуска. Установите **Noise Reject** = ON/OFF.

СОВЕТ. Функция действует только для источника — аналогового канала, цифрового канала или EXT.

7.7 Тип запуска

Осциллограф поддерживает следующие типы запуска.

7.7.1 Запуск по фронту — Edge

Запуск выполняется при пересечении заданного уровня выбранным фронтом входного сигнала.

В **Type** выберите Edge. После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.

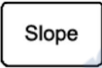


Источник: аналоговый канал, цифровой канал, AC Line или EXT. Для устойчивого запуска выбирайте канал, на который фактически подан сигнал.

Slope — тип фронта:

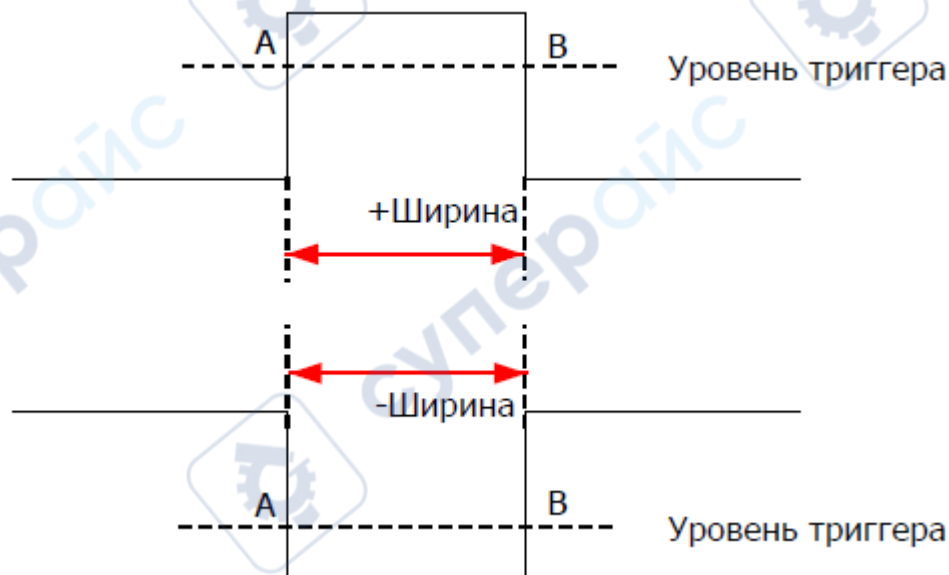
- Rising: запуск по нарастающему фронту при пересечении заданного уровня;
- Falling: по спадающему фронту;
- Either: по любому фронту.

Выбранный тип фронта отображается в индикаторе запуска. При Edge тип фронта также

можно переключать соответствующей клавишей  передней панели.

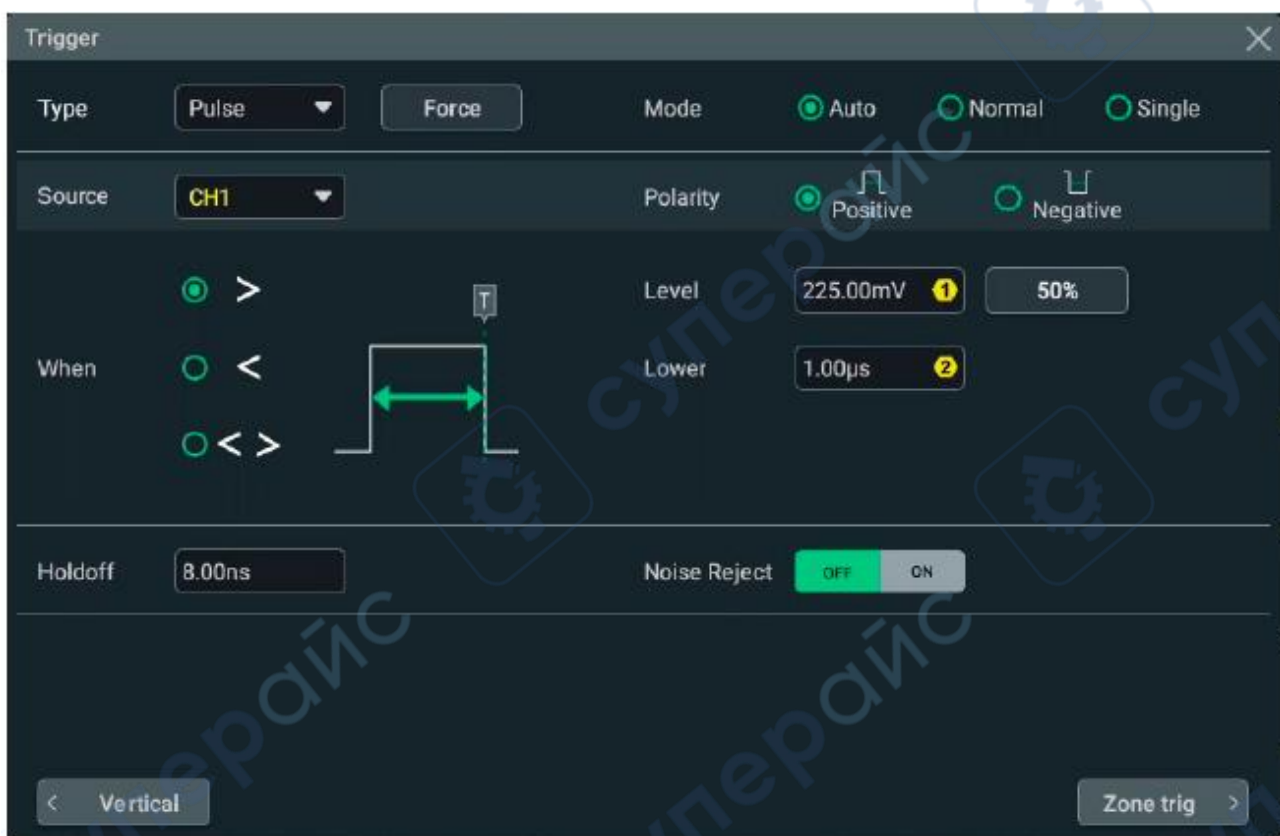
7.7.2 Запуск по ширине импульса — Pulse

Запуск выполняется по положительному или отрицательному импульсу заданной длительности. Положительная ширина определяется интервалом между двумя пересечениями уровня запуска положительным импульсом, отрицательная — аналогично для отрицательного импульса.



Ширина положительного/отрицательного импульса

В **Type** выберите Pulse.



Меню запуска Pulse

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Source: аналоговый или цифровой канал. Для устойчивого запуска используйте канал с поданным сигналом.

Polarity (полярность): положительная  или отрицательная .

When — условие:

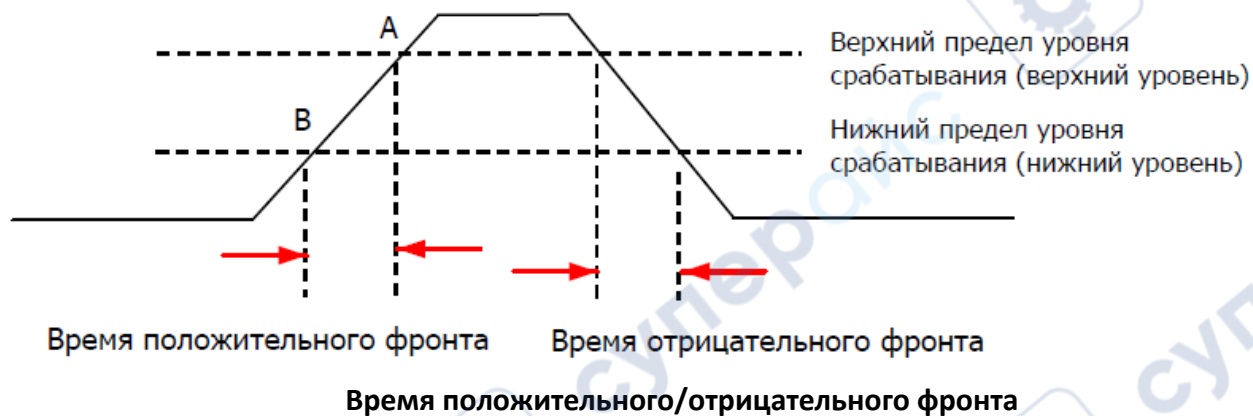
- >: запуск, когда ширина импульса выбранной полярности больше заданного значения;
- <: когда меньше заданного значения;
- < >: когда ширина больше нижнего предела и меньше верхнего.

Для > или < задайте соответствующий предел в поле **Lower** или **Upper**. Допустимая ширина — от 1 нс до 10 с. Для < > задайте оба предела; нижний должен быть меньше верхнего.

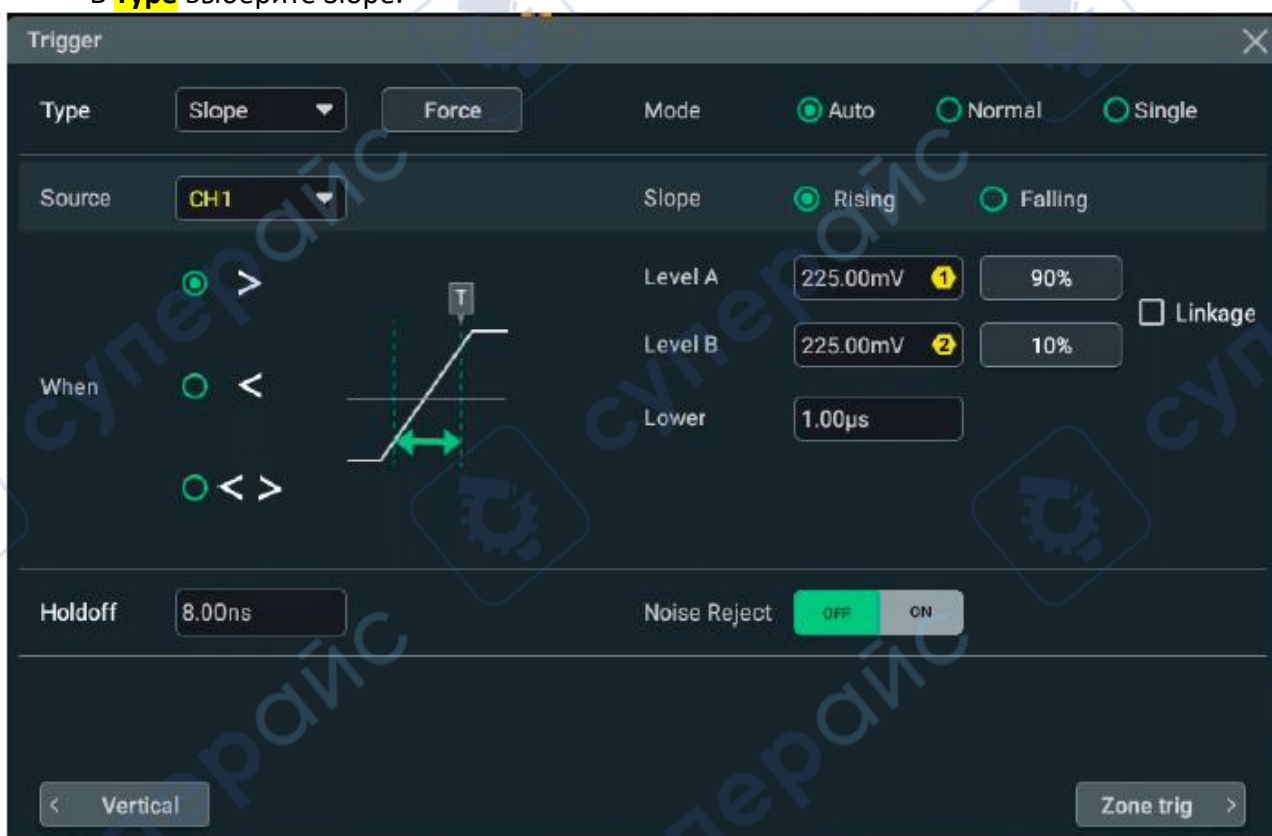
7.7.3 Запуск по длительности фронта — Slope

Запуск выполняется по положительному или отрицательному фронту с заданным временем изменения. Тип подходит для пилообразных и треугольных сигналов.

Положительное время фронта — интервал между пересечениями уровней A и B на нарастающем фронте; отрицательное — интервал между пересечениями уровней A и B на спадающем фронте.



В **Type** выберите Slope.



Меню запуска Slope

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Source: аналоговый канал с поданным сигналом.

Slope:

- Rising — нарастающий фронт;
- Falling — спадающий фронт.

When:

- для Rising условие > означает запуск, когда положительное время фронта больше заданного; < — меньше; < > — между нижним и верхним пределами;
 - для Falling те же условия применяются к отрицательному времени фронта.
- Допустимое время фронта — от 1 нс до 10 с. Для >/< задайте один предел; для < > — **Lower** и **Upper**, причем нижний должен быть меньше верхнего.

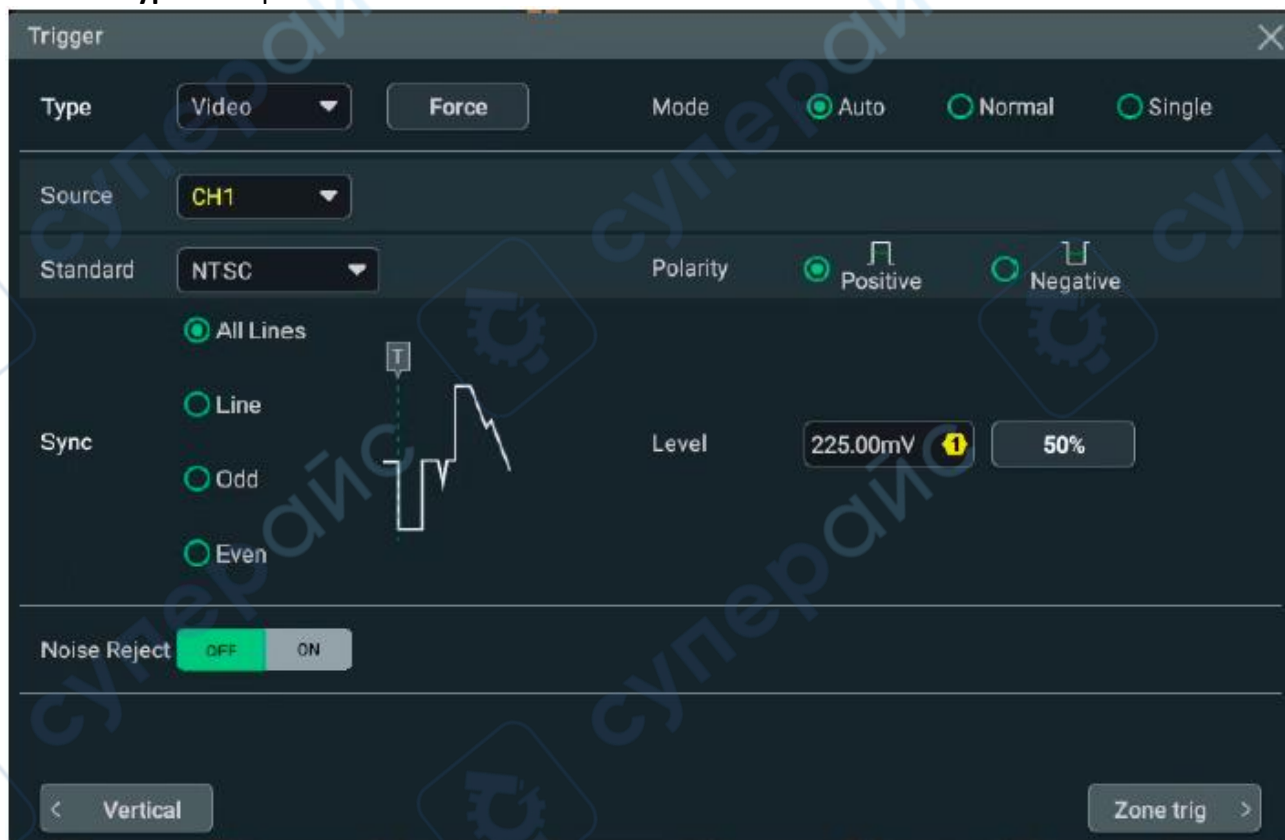
Уровни А и В: после задания условия установите **Level A** и **Level B** через поля ввода, ручку LEVEL или назначенную многофункциональную ручку. Флажок **Linkage** связывает оба уровня: они перемещаются синхронно, сохраняя постоянную разность между верхним и нижним пределами.

СОВЕТ. Нажимая и поворачивая ручку уровня запуска, можно последовательно регулировать Level A, Level B и Level AB при включенной связи.

7.7.4 Запуск по видеосигналу — Video

Видеосигнал содержит информацию изображения и синхронизации. Осциллограф может запускаться по полю или строке стандартных сигналов NTSC, PAL или SECAM, а также поддерживаемых форматов компонентного видео.

В **Type** выберите Video.



Меню запуска Video

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Source: аналоговый канал с поданным видеосигналом.

Polarity: положительная  или отрицательная .

Standard: поддерживаются NTSC, PAL/SECAM, 480p/60Hz, 576p/50Hz, 720p/60Hz, 720p/50Hz, 720p/30Hz, 720p/25Hz, 720p/24Hz, 1080p/60Hz, 1080p/50Hz, 1080p/30Hz, 1080p/25Hz, 1080p/24Hz, 1080i/60Hz и 1080i/50Hz. NTSC, PAL/SECAM и 1080i используют чересстрочную развертку; форматы p — прогрессивную.

Таблица. Видеостандарты

Видеостандарт	Частота кадров (кадров/с)	Тип развертки	Количество строк ТВ-развертки
NTSC	30	Чересстрочная развертка (Interlaced Scan)	525
PAL/SECAM	25		625
480p/60 Гц	60		525
576p/50 Гц	50		625
720p/60 Гц	60		750
720p/50 Гц	50		
720p/30 Гц	30		
720p/25 Гц	25		
720p/24 Гц	24		
1080p/60 Гц	60	Прогрессивная развертка (Progressive Scan)	1125
1080p/50 Гц	50		
1080p/30 Гц	30		
1080p/25 Гц	25		
1080p/24 Гц	24		
1080i/60 Гц	60	Чересстрочная развертка (Interlaced Scan)	
1080i/50 Гц	50		

Sync:

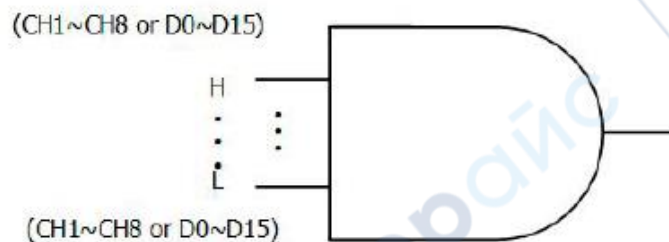
- All Lines — запуск по первой обнаруженной строке;
- Line — запуск по заданному номеру строки. Диапазоны: 1–525 для NTSC и 480p; 1–625 для PAL/SECAM и 576p; 1–750 для 720p; 1–1125 для 1080p/1080i;
- Odd — по нарастающему фронту первого импульса нечетного поля; только NTSC или PAL/SECAM;
- Even — аналогично для четного поля; только NTSC или PAL/SECAM.

СОВЕТ.

- Для более детального наблюдения видеосигнала сначала установите большую глубину памяти.
- 256-уровневая градация интенсивности позволяет визуально оценивать частоту появления различных участков сигнала по яркости, что помогает обнаруживать аномалии.

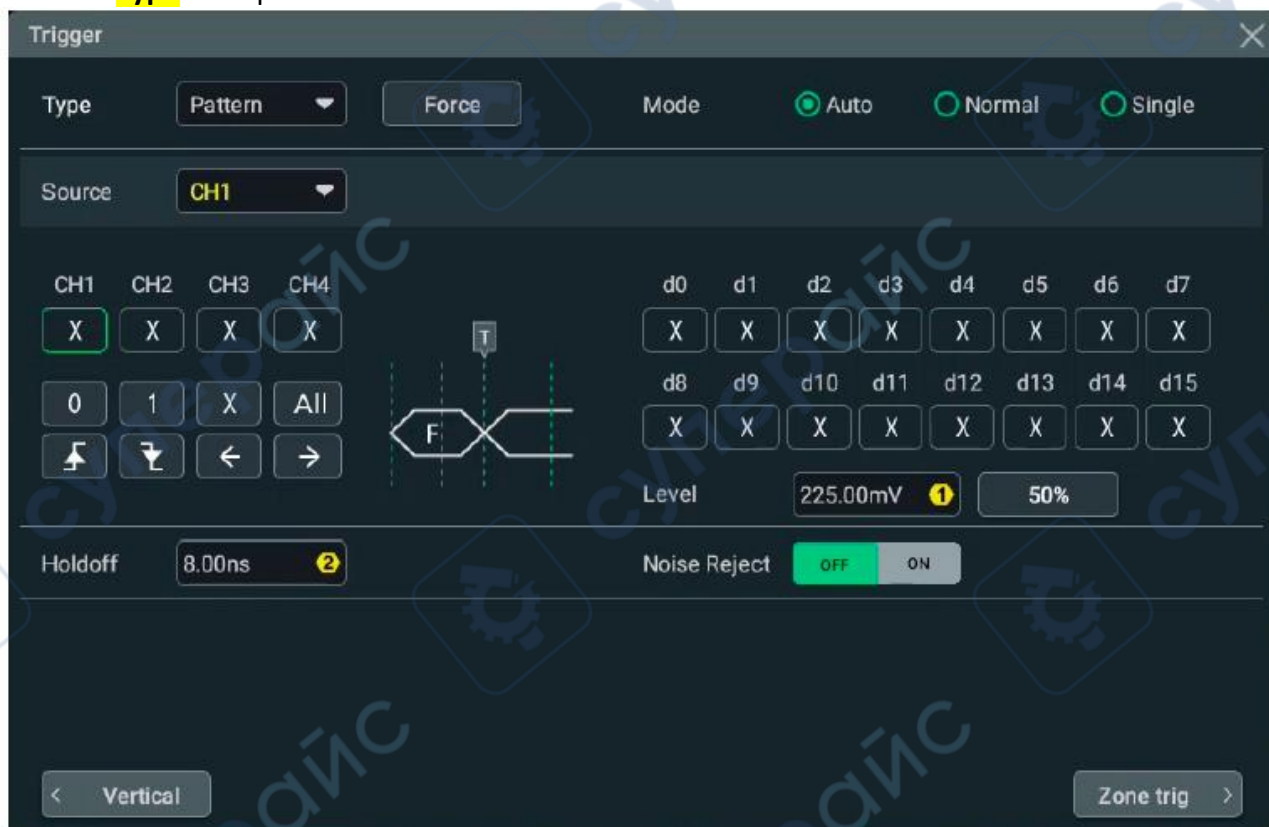
7.7.5 Запуск по логическому шаблону — Pattern

Pattern формирует условие как логическое AND заданных состояний каналов. Для каждого канала можно выбрать H (высокий), L (низкий) или X (не учитывать). Для одного канала шаблона допускается указать нарастающий или спадающий фронт. Если фронт задан, запуск происходит на этом фронте при истинности шаблона остальных каналов. Если фронт не задан, запуск происходит на последнем фронте, после которого шаблон становится истинным. Если все каналы установлены в X, запуск не выполняется.



Запуск Pattern

В **Type** выберите Pattern.



Меню Pattern для 4-канальной серии МНО



Меню Pattern для 8-канальной серии DHO

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Источник (source) может быть аналоговым или цифровым каналом; доступность зависит от модели.

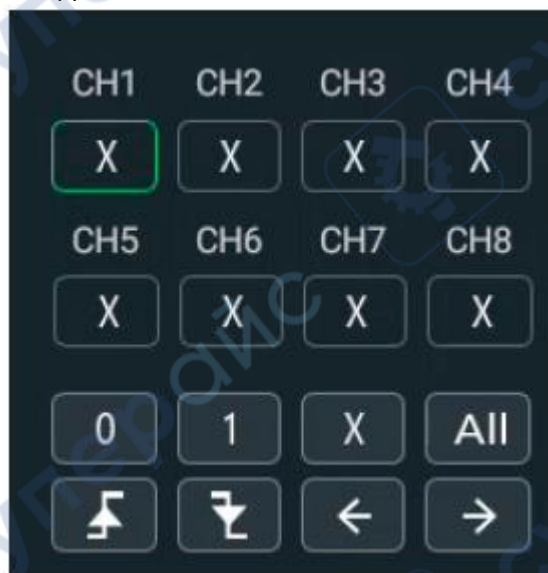
Настройка шаблона Pattern

Для каждого выбранного канала доступны пять состояний:

- 1 — уровень канала выше его уровня запуска;
- 0 — уровень канала ниже его уровня запуска;
- X — канал не учитывается в шаблоне; если X установлено для всех каналов, запуск не выполняется;

-  — шаблон по нарастающему фронту выбранного канала;
-  — шаблон по спадающему фронту выбранного канала.

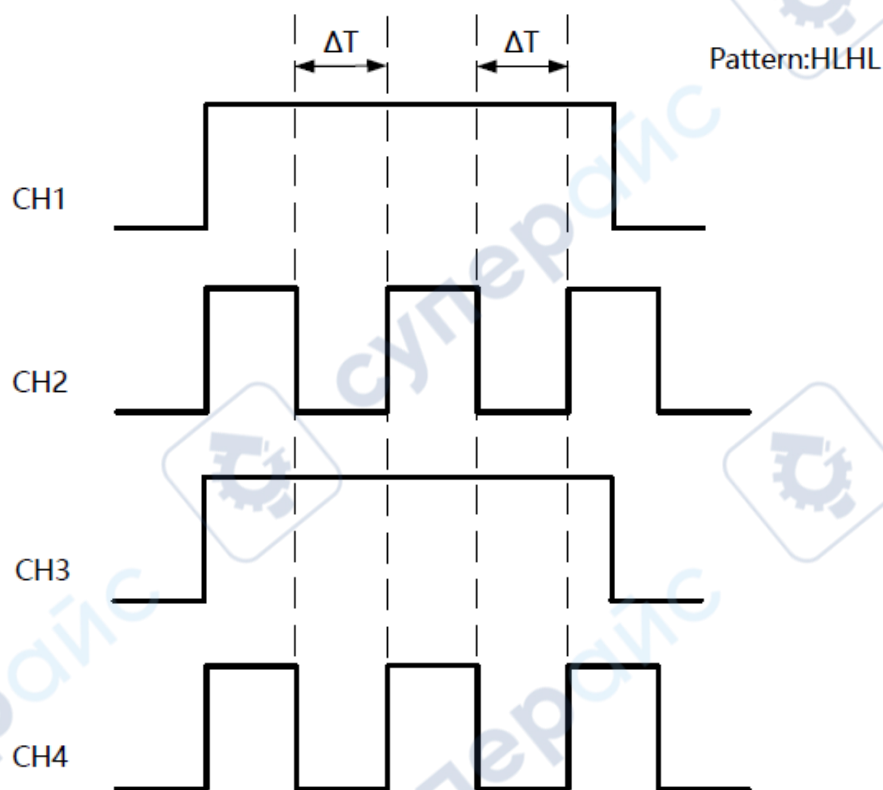
Стрелки влево/вправо перемещают выбор между каналами. All относится ко всем разрядам: после выбора состояния для одного канала нажмите **All**, чтобы установить такое же состояние для остальных каналов.



В шаблоне можно задать только один фронт. Если фронт уже задан одному каналу и затем попытаться задать фронт другому, отображается сообщение Invalid input.

7.7.6 Запуск по длительности шаблона — Duration

При Duration прибор ищет заданный логический шаблон каналов и запускается, когда длительность существования этого шаблона ΔT удовлетворяет установленному временному условию. Шаблон является логическим AND состояний каналов; для каждого канала задается 1, 0 или X.

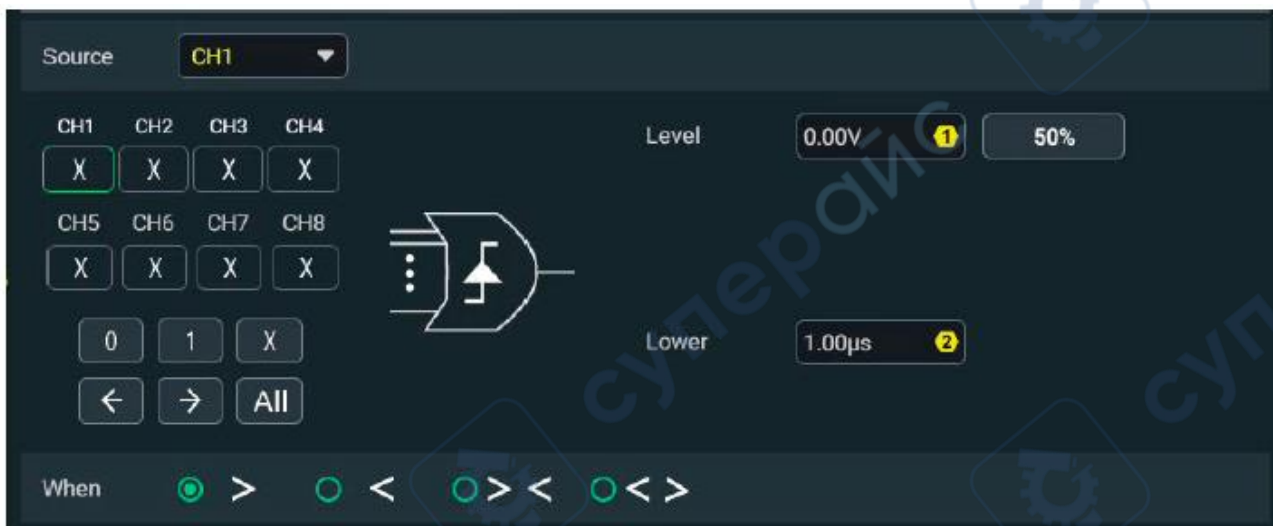


Запуск Duration

В **Type** выберите Duration.



Меню Duration для 4-канальной серии MHO



Меню Duration для 8-канальной серии DHO

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Source: аналоговый или цифровой канал. Для устойчивого запуска выбирайте канал, на который подан сигнал.

Шаблон:

- 1 — уровень выше уровня запуска;
- 0 — уровень ниже уровня запуска;
- X — канал не используется. При X для всех каналов запуск отсутствует.

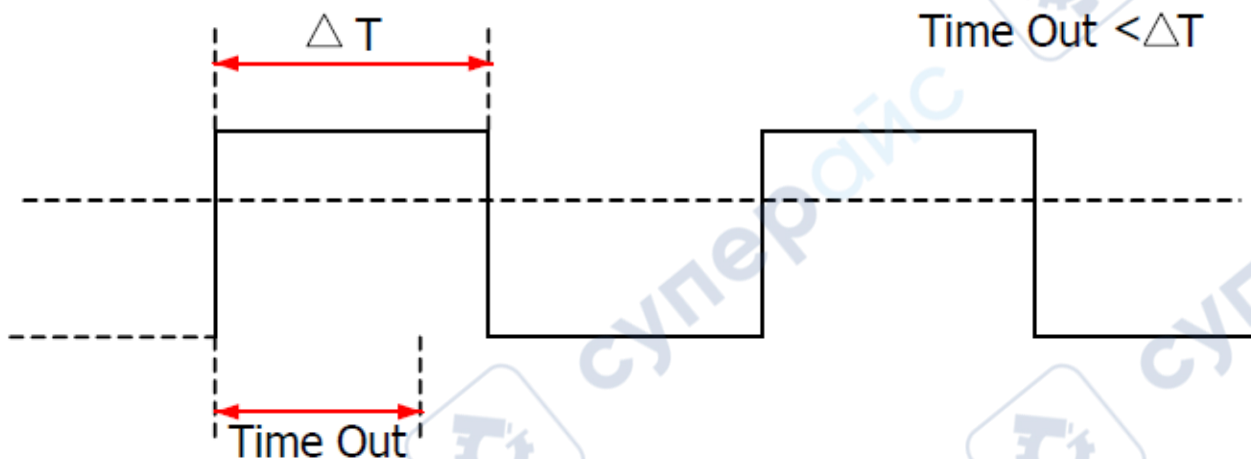
Стрелки влево/вправо переключают канал. **All** устанавливает текущее состояние шаблона для всех остальных каналов.

When — условие по длительности:

- > — запуск, когда длительность шаблона больше заданного нижнего предела **Lower**; диапазон 1 нс...10 с;
 - < — когда длительность меньше верхнего предела **Upper**; диапазон 1 нс...10 с;
 - <> — когда длительность больше **Lower** и меньше **Upper**; **Upper**: 1,01 нс...10 с, **Lower**: 1 нс...9,9 с;
 - >< — когда длительность меньше **Lower** либо больше **Upper**; диапазоны такие же.
- Для двухпредельных условий нижний предел должен быть меньше верхнего.

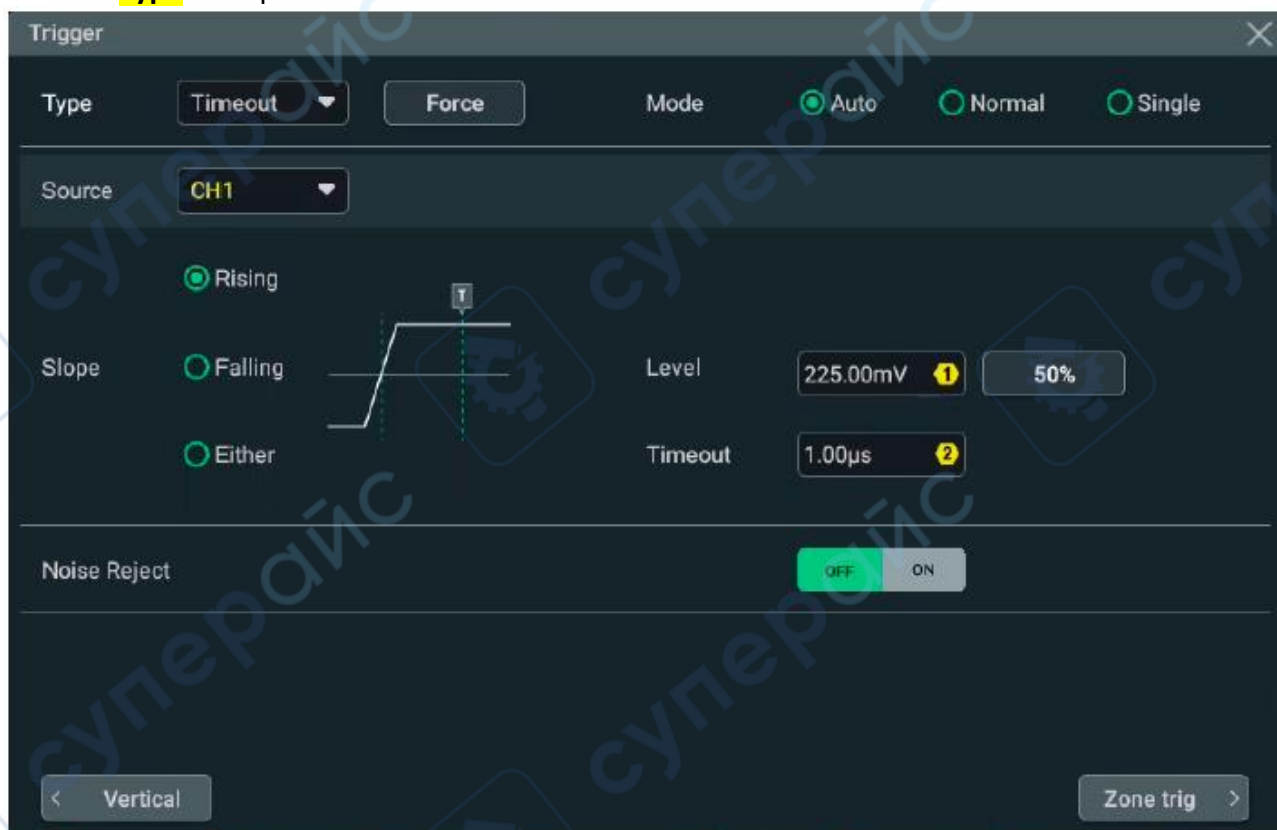
7.7.7 Запуск по тайм-ауту — Timeout

Timeout выполняет запуск, когда интервал ΔT от пересечения уровня запуска одним фронтом до пересечения уровня соседним противоположным фронтом превышает установленное значение тайм-аута.



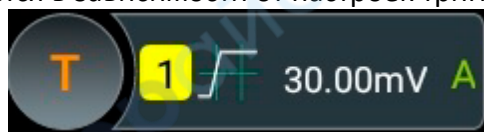
Запуск Timeout

В **Type** выберите Timeout.



Меню Timeout

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Source: аналоговый или цифровой канал.

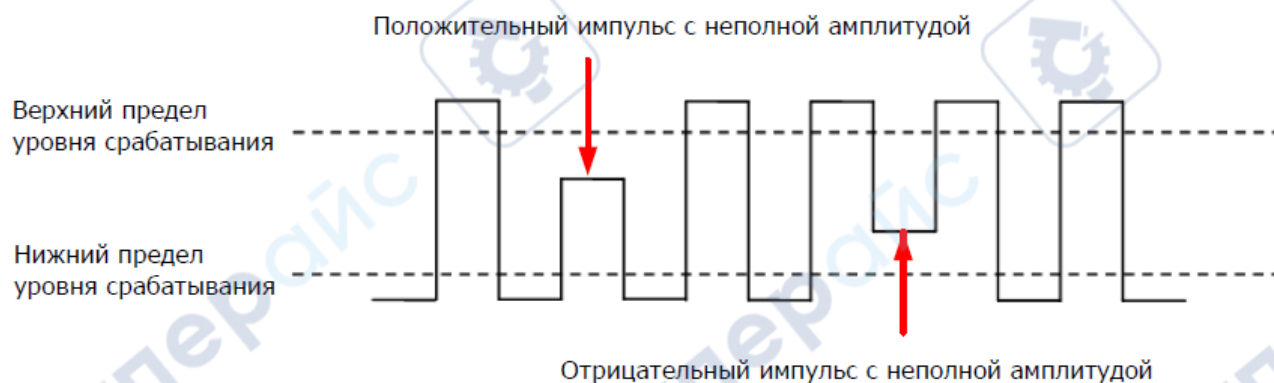
Slope:

- Rising — отсчет времени начинается при пересечении уровня нарастающим фронтом;
- Falling — спадающим фронтом;
- Either — любым фронтом.

Timeout: максимальное время, в течение которого сигнал остается без противоположного пересечения уровня запуска. Значение задается в поле Timeout цифровой клавиатурой или назначенной ручкой.

7.7.8 Запуск по неполному импульсу — Runt

Runt используется для импульсов, которые пересекают один уровень запуска, но не достигают второго.



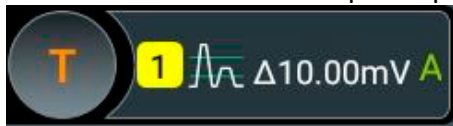
Положительный и отрицательный Runt-импульс

В **Type** выберите Runt.



Меню Runt

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Source: аналоговый канал с фактически поданным сигналом.

Polarity:

- положительная  — запуск по положительному неполному импульсу;
- отрицательная  — по отрицательному.

When:

- None — условие по ширине не используется;
- > — ширина Runt-импульса больше минимального значения Lower;
- < — ширина меньше максимального значения Upper;
- < > — ширина больше Lower и меньше Upper.

Для < > нижний предел должен быть меньше верхнего.

Уровни: задайте **Level A** и **Level B** через цифровую клавиатуру, ручку LEVEL или соответствующие многофункциональные ручки. При Linkage оба уровня изменяются одновременно с сохранением разности между ними.

COBET. Нажатие и вращение ручки LEVEL последовательно переключает регулировку Level A, Level B и Level AB при включенной связи.

7.7.9 Запуск по окну — Window

Window использует верхний и нижний уровни запуска. Событие формируется, когда входной сигнал пересекает верхнюю или нижнюю границу окна.



Меню Window

В **Type** выберите Window.

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Source: аналоговый канал.

Тип фронта:

- Rising — запуск по нарастающему фронту, когда сигнал становится выше верхнего уровня;

- Falling — по спадающему фронту, когда сигнал становится ниже нижнего уровня;

- Either — по любому фронту при выполнении заданного условия.

Положение события:

- Enter — запуск при входе сигнала в диапазон между уровнями;

- Exit — при выходе из диапазона;

- Time — когда суммарное время нахождения сигнала внутри диапазона с момента входа становится равным заданному времени окна. Диапазон времени: 1 нс...10 с.

Уровни:

- Level A регулирует только верхний предел;

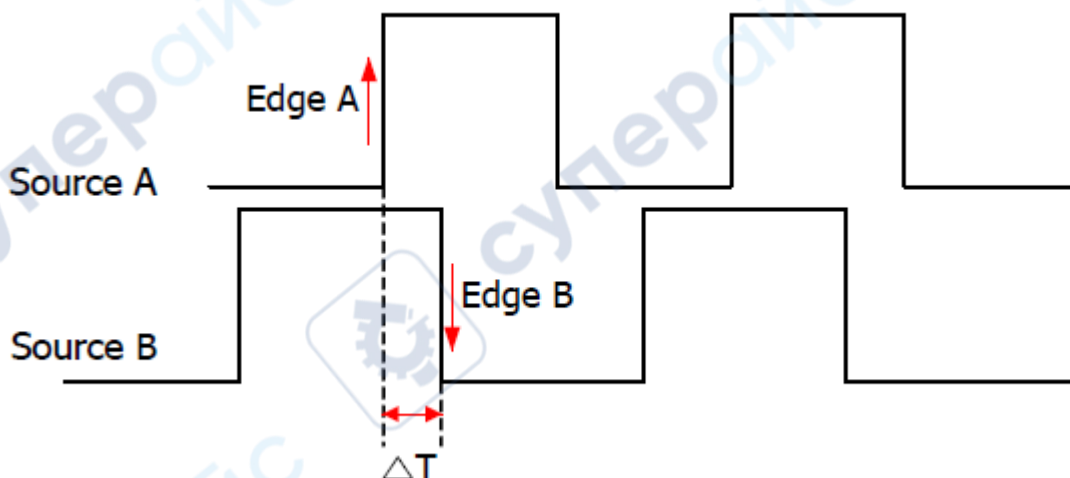
- Level B — только нижний;

- Linkage связывает оба уровня: они изменяются синхронно, а разность между ними остается постоянной.

Задайте уровни цифровой клавиатурой, ручкой LEVEL или назначенной ручкой.

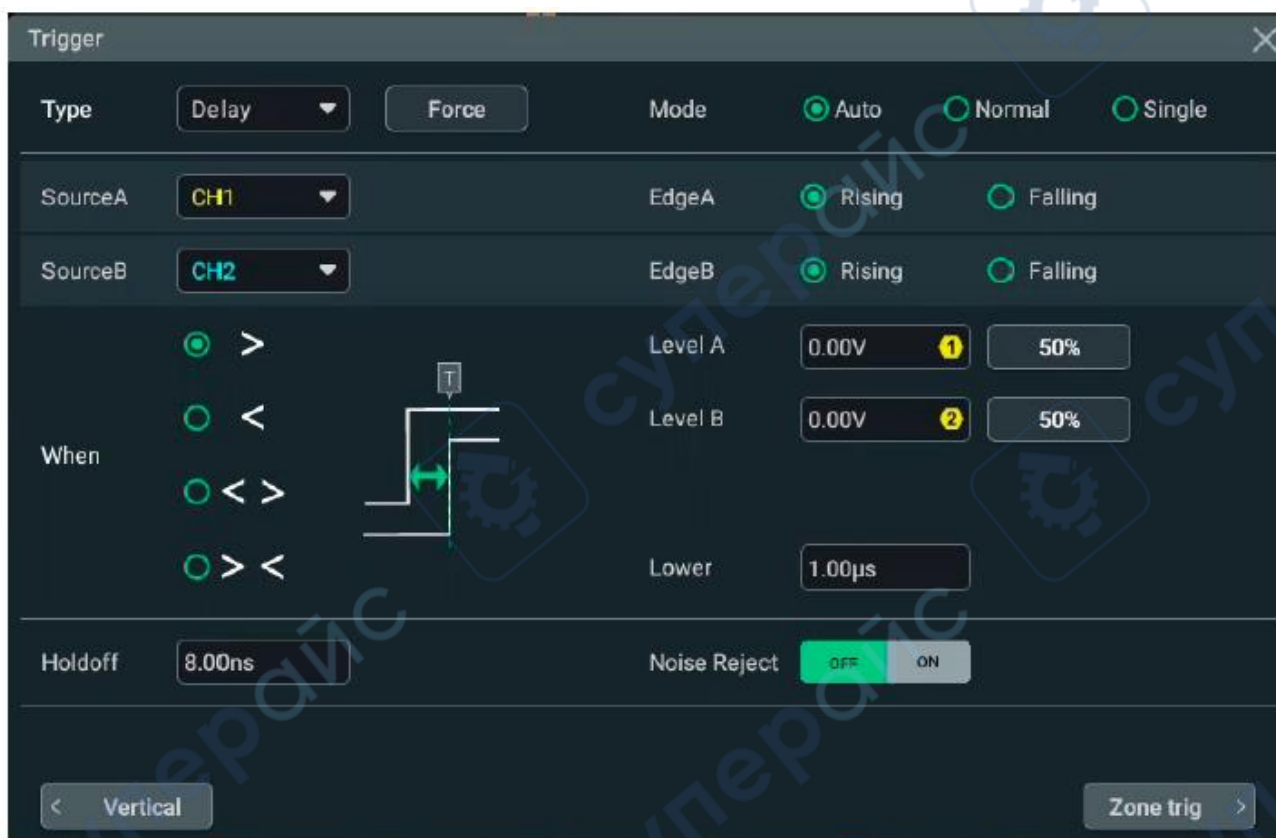
7.7.10 Запуск с задержкой — Delay

Для Delay задаются два источника — Source A и Source B. Запуск происходит, когда разность времени ΔT между выбранными фронтами Edge A и Edge B этих источников удовлетворяет заданному временному условию.



Запуск Delay

Щёлкните или коснитесь кнопки раскрывающегося списка **Type** и выберите «Delay».



Меню Delay

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Источник A: выберите аналоговый или цифровой канал в **Source A**; в **Edge A** задайте Rising или Falling.

Источник B: выберите аналоговый или цифровой канал в **Source B**; в **Edge B** задайте Rising или Falling.

Для устойчивого запуска оба выбранных источника должны иметь соответствующие входные сигналы.

When:

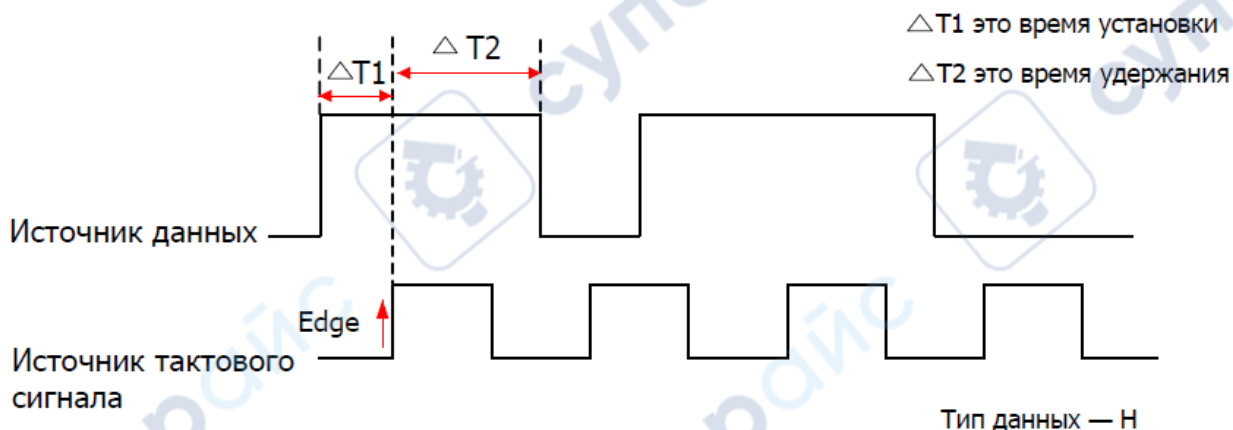
- > — ΔT больше нижнего предела **Lower**;
- < — ΔT меньше верхнего предела **Upper**;
- < > — ΔT больше Lower и меньше **Upper**;
- > < — ΔT меньше Lower или больше **Upper**.

Для двухпредельных условий нижний предел должен быть меньше верхнего.

Уровни: **Level A** и **Level B** задаются цифровой клавиатурой, назначенными ручками или ручкой LEVEL; ручка LEVEL регулирует последний измененный уровень.

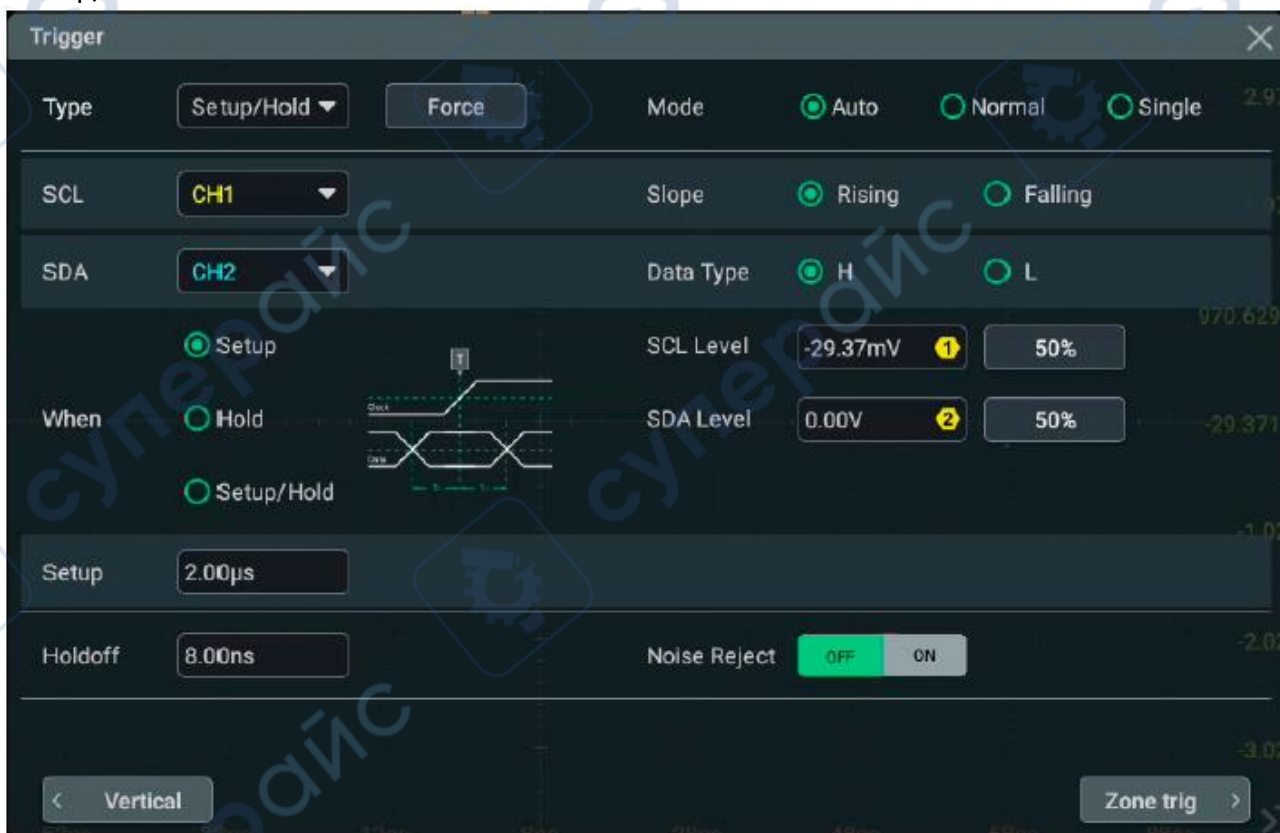
7.7.11 Запуск по времени установки/удержания — Setup/Hold

Для Setup/Hold задаются источник тактового сигнала и источник данных. Время установки начинается при пересечении сигналом данных уровня запуска и заканчивается при наступлении заданного фронта тактового сигнала. Время удержания начинается на этом фронте тактового сигнала и заканчивается, когда сигнал данных снова пересекает уровень запуска. Осциллограф запускается, когда время установки или удержания меньше заданного значения.



Запуск Setup/Hold

Щёлкните или коснитесь кнопки раскрывающегося списка **Type** и выберите «Setup/Hold»



Меню Setup/Hold

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



SCL — источник тактового сигнала: аналоговый или цифровой канал.

Slope: Rising или Falling.

SDA — источник данных: аналоговый или цифровой канал.

Data Type: H — высокий уровень или L — низкий уровень.

When:

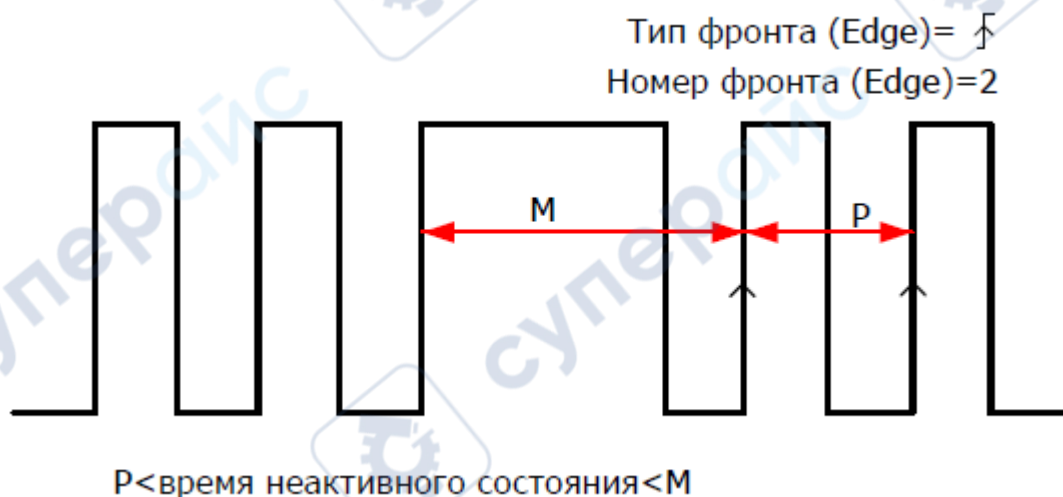
- Setup — запуск, если фактическое время установки меньше заданного **Setup**;
- Hold — если время удержания меньше заданного **Hold**;
- Setup/Hold — если время установки или удержания меньше соответствующего заданного значения.

Значения задаются через поля **Setup** и/или **Hold** цифровой клавиатурой либо назначенной ручкой.

Уровни: задайте **SCL Level** и **SDA Level**. Можно использовать цифровую клавиатуру, назначенные ручки или ручку LEVEL, которая регулирует последний измененный уровень.

7.7.12 Запуск по N-му фронту — Nth Edge

Nth Edge выполняет запуск по N-му фронту, появившемуся после заданного интервала бездействия. Например, для запуска по второму нарастающему фронту после интервала ожидания этот интервал должен лежать между P и M ($P < \text{Idle Time} < M$), где M — время между первым учитываемым нарастающим фронтом и предыдущим нарастающим фронтом, а P — максимальный интервал между фронтами, участвующими в счете.



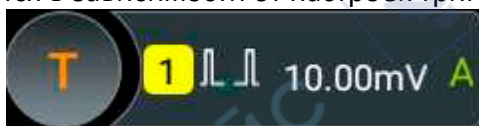
Запуск Nth Edge

В **Type** выберите Nth Edge.



Меню Nth Edge

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Source: аналоговый или цифровой канал. Для устойчивого запуска используйте канал с поданным сигналом.

Slope: Rising или Falling.

Idle Time: задает время бездействия перед началом счета фронтов. Введите значение в поле Idle Time либо используйте назначенную многофункциональную ручку.

Edges: задает N — номер фронта, на котором должен произойти запуск. Диапазон: от 1 до 65 535.

7.7.13 Запуск по RS232

RS232 — последовательный интерфейс передачи данных между ПК либо между ПК и терминалом. В протоколе один символ передается кадром, содержащим 1 стартовый бит, 5–8 бит данных, 1 бит контроля и 1–2 стоповых бита. Осциллограф может запускаться по началу кадра, ошибочному кадру, ошибке контроля или заданным данными.



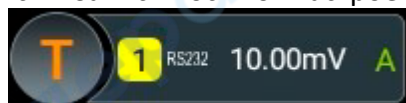
Формат кадра RS232

В **Type** выберите RS232.



Меню RS232 Trigger

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



Source: аналоговый или цифровой канал.

Polarity: Положительная  или отрицательная  в соответствии с полярностью передаваемых данных.

When:

- Start — запуск по началу кадра;
- Error — при обнаружении ошибочного кадра;
- Check Error — при ошибке проверки;
- Data — по последнему биту заданного значения данных; значение задается в поле **Data**.

Data.

Baud Rate: выберите стандартную скорость (50, 75, 110, 134, 150, 300 бод и далее из списка) либо задайте пользовательскую.

Data Bits: 5, 6, 7 или 8 бит на кадр.

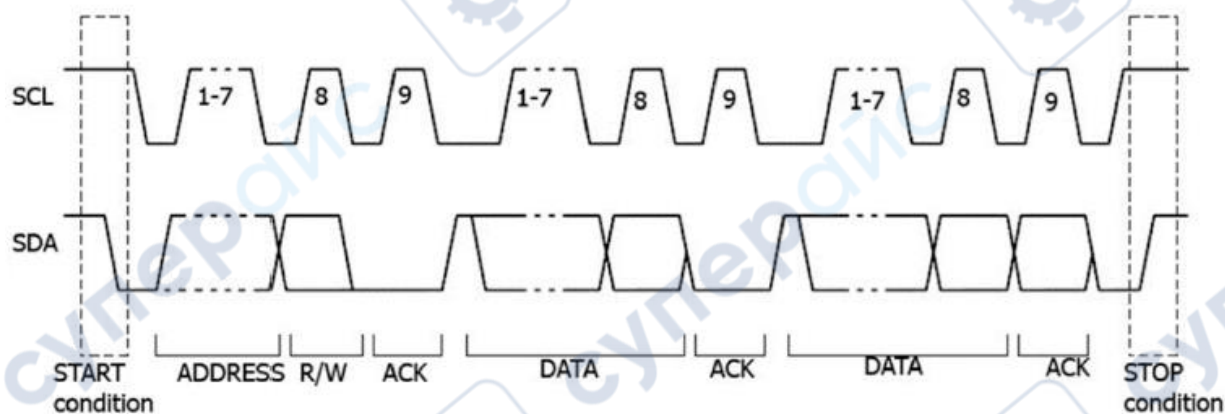
Stop Bit: 1; 1,5 или 2 стоповых бита.

Parity:

- None — бит четности отсутствует;
- Even — общее число единиц в данных и бите четности должно быть четным; например, для 0x55 (01010101) добавляется 0;
- Odd — общее число единиц должно быть нечетным; для 0x55 добавляется 1.

7.7.14 Запуск по I2C

I2C — двухпроводная последовательная шина для связи микроконтроллеров и периферийных устройств. Она включает линии SCL и SDA. Скорость передачи определяется SCL, данные передаются по SDA. Осциллограф может запускаться по условию Start, Restart, Stop, отсутствию подтверждения, заданному адресу устройства, значению данных либо одновременно адресу и данным.



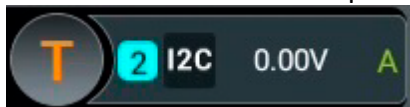
Временная диаграмма шины I2C

В **Type** выберите I2C.



Меню I2C Trigger

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



SCL/SDA: назначьте аналоговые или цифровые каналы линиям тактового сигнала и данных.

When:

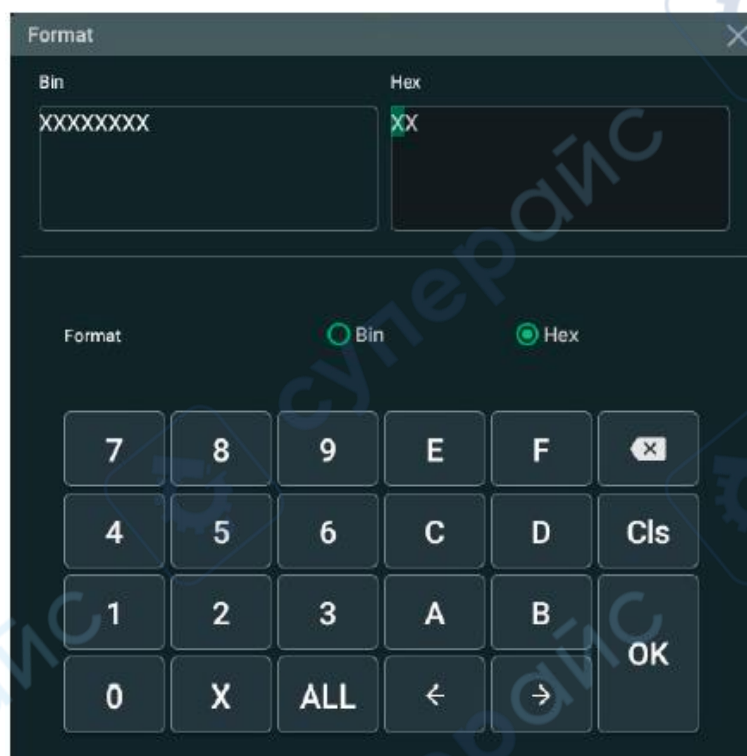
- Start — SDA переходит из высокого уровня в низкий при высоком SCL;
- Stop — SDA переходит из низкого в высокий при высоком SCL;
- Restart — новое условие Start появляется до условия Stop;
- MissedAck — ACK = 1;
- Address — поиск заданного адреса; запуск выполняется на бите чтения/записи.

Настройки:

- **Direction:** Write, Read или R/W; пункт недоступен при **AddrBits** = 8 Bits;
- **AddrBits:** 7, 8 или 10 бит;
- **Address:** требуемый адрес I2C;
- **Data** — поиск заданного значения на SDA; запуск на фронте SCL последнего бита данных. Настройки:
 - **AddrBits:** 7, 8 или 10 бит;
 - **Bytes:** число байтов данных, 1...5;
 - **Data:** формат Bin или Hex и требуемое значение;



Настройка данных в формате Bin



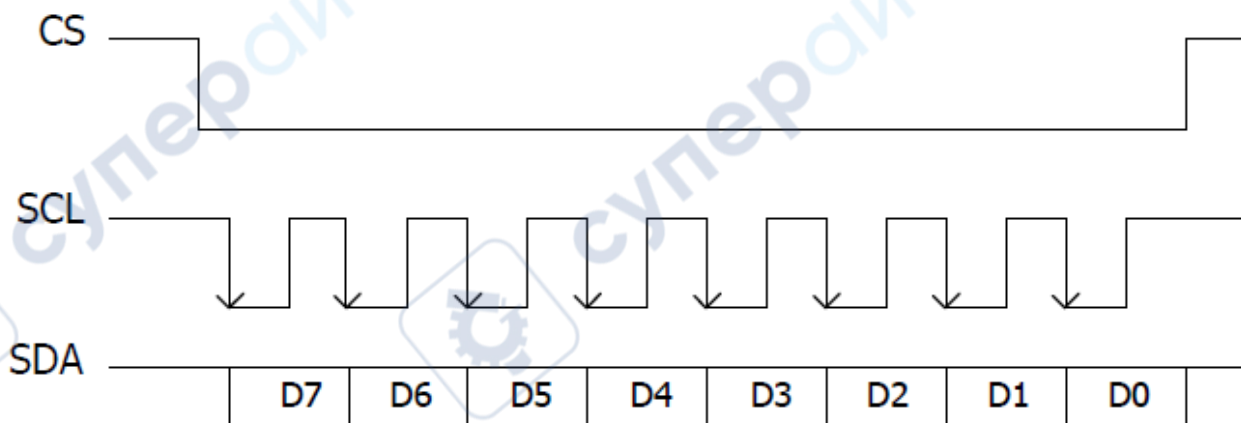
Настройка данных в формате Hex

- A&D — одновременное условие по адресу и данным; настройте **Direction**, **Bytes**, **AddrBits**, **Address** и **Data**.

Уровни: **SCL Level** и **SDA Level** задаются цифровой клавиатурой, назначенными многофункциональными ручками или ручкой LEVEL.

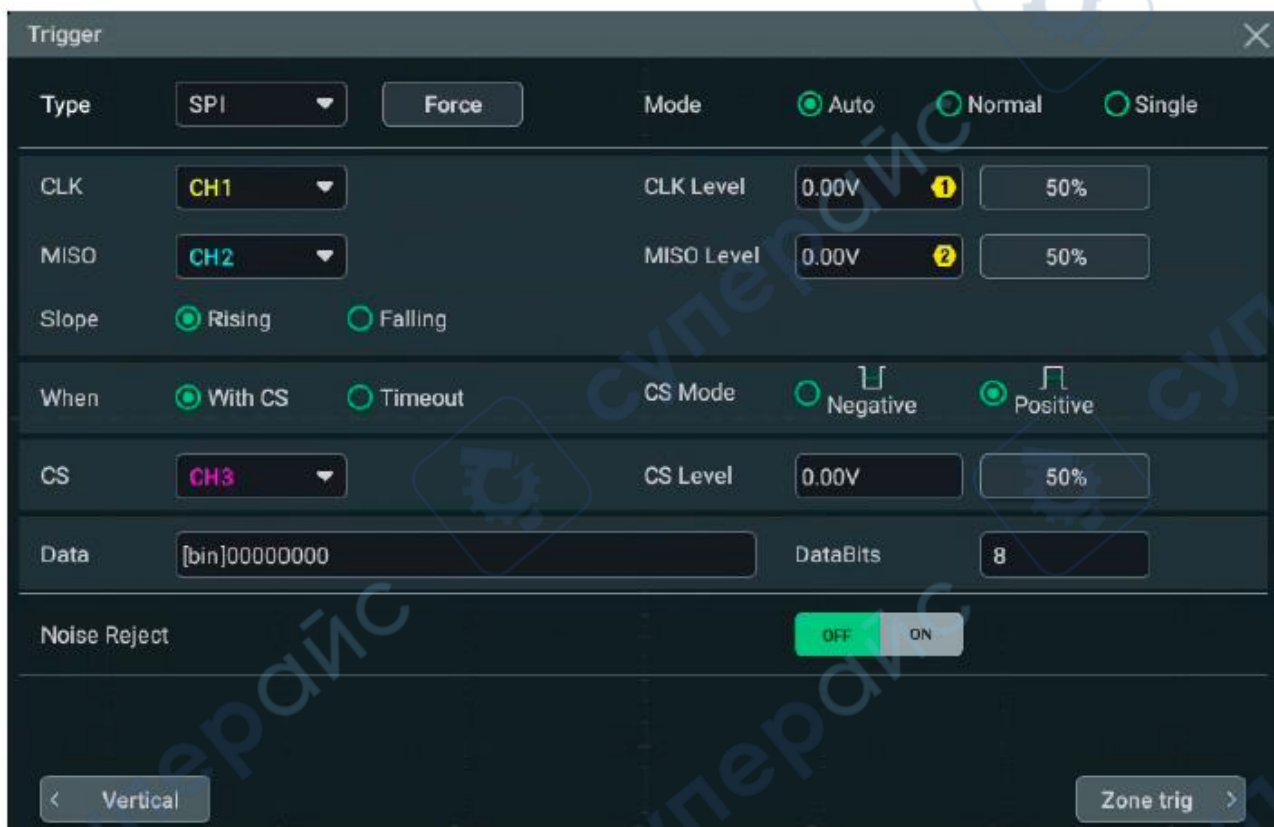
7.7.15 Запуск по SPI

В режиме SPI после выполнения условия по CS или тайм-ауту осциллограф запускается при обнаружении заданных данных. Необходимо назначить источник тактового сигнала CLK и источник данных MISO.



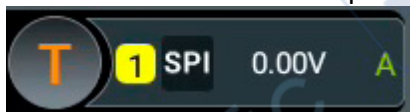
Временная диаграмма SPI

В **Type** выберите SPI.



Меню SPI Trigger

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



CLK/MISO: назначьте аналоговые или цифровые каналы.

Slope:

- Rising — данные MISO считываются по нарастающему фронту тактового сигнала;
- Falling — по спадающему.

When:

- With CS: если сигнал CS действителен, осциллограф выполнит запуск при обнаружении данных (SDA), соответствующих условиям запуска.

Щёлкните или коснитесь кнопки раскрывающегося списка **CS**, чтобы выбрать аналоговый или цифровой канал в качестве канала CS. Текущий канал CS будет отображаться в информационной метке запуска в верхней части экрана.

Щёлкните или коснитесь пункта «Positive» (действителен высокий уровень) или «Negative» (действителен низкий уровень) в разделе **CS Mode**.

- **Timeout:** поиск данных MISO начинается после нахождения CLK в неактивном состоянии в течение заданного времени. Timeout задается в диапазоне 8 нс...10 с.

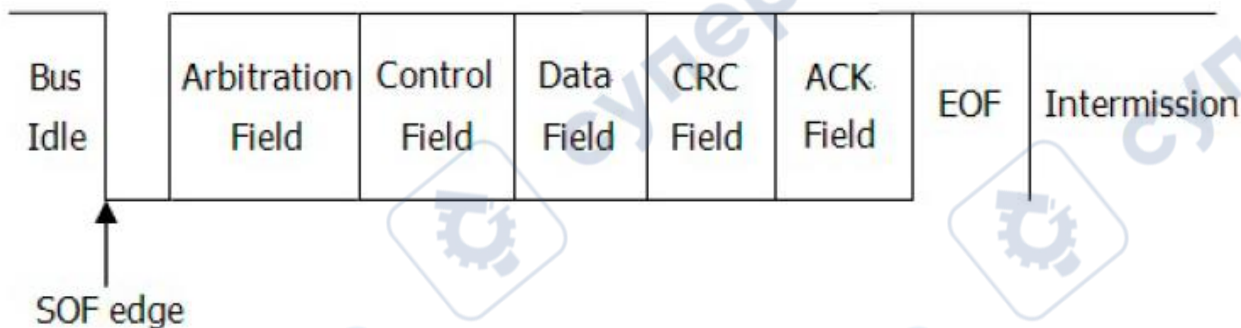
Data: задает требуемую последовательность; формат настраивается аналогично I2C.

Data Bits: число бит последовательных данных, от 4 до 32.

Уровни: CLK Level, MISO Level и CS Level задаются цифровой клавиатурой, назначенными ручками или ручкой LEVEL.

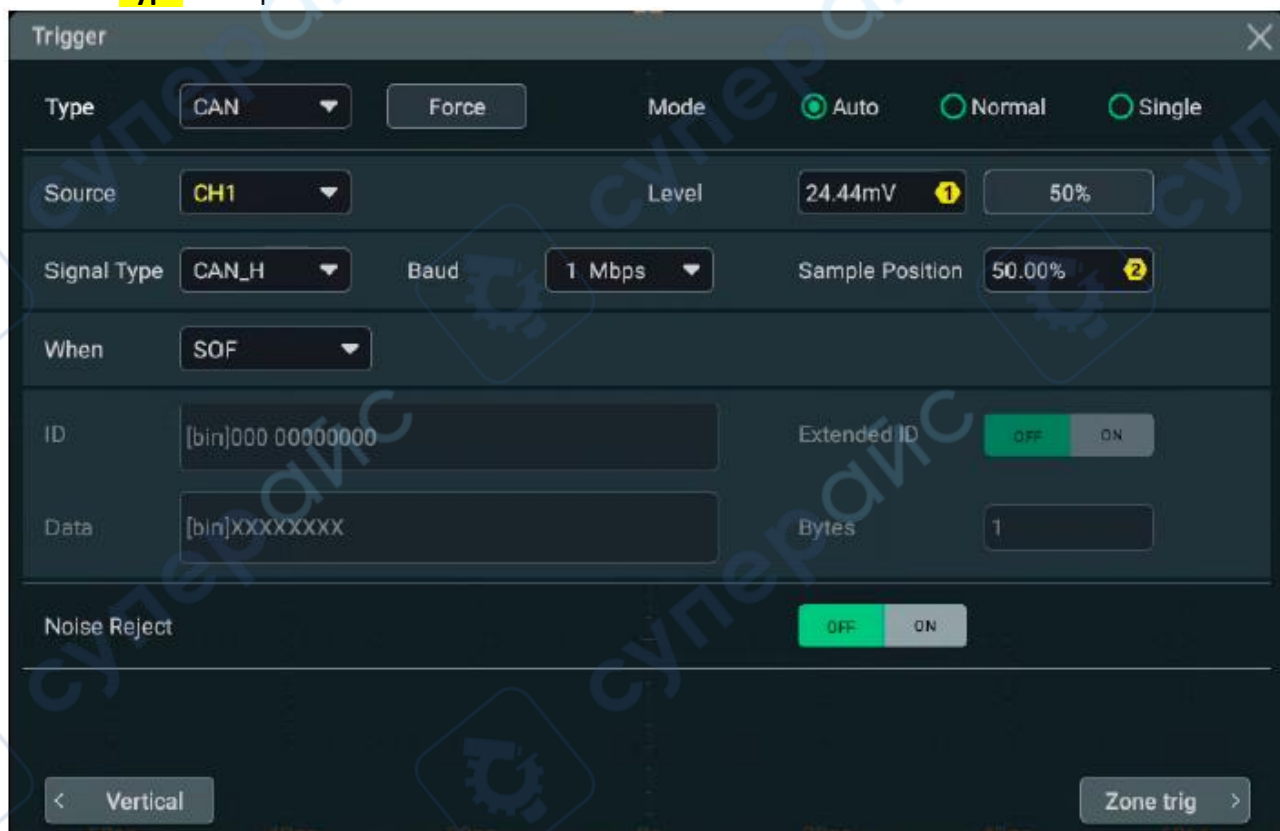
7.7.16 Запуск по CAN

Осциллограф может запускаться по началу или концу кадра, кадру указанного типа (Remote, Overload, Data и др.) либо ошибочному кадру указанного типа (Answer Error, Check Error, Format Error и др.).



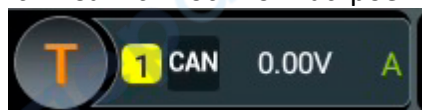
Формат кадра CAN

В **Type** выберите CAN.



Меню CAN Trigger

После выбора типа триггера информация о текущих настройках триггера (включая тип, источник и уровень) отображаются в индикаторе запуска в верхней части экрана. Информация меняется в зависимости от настроек триггера.



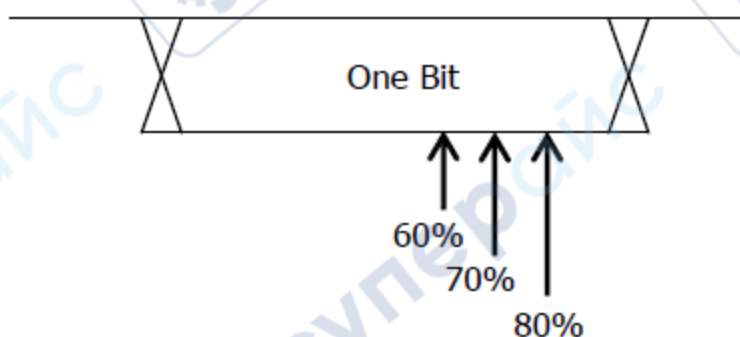
Source: аналоговый или цифровой канал.

Signal Type:

- CAN_H — фактический сигнал шины CAN_H;
- CAN_L — фактический сигнал CAN_L;
- TX/RX — сигнал передачи/приема с приемопередатчика CAN;
- DIFF — дифференциальный сигнал CAN, подаваемый на аналоговый канал через дифференциальный пробник; положительный вход подключается к CAN_H, отрицательный — к CAN_L.

Baud: выберите 10, 20, 33,3, 50, 62,5, 83,3 кбит/с и другие доступные стандартные значения либо задайте пользовательское.

Sample Position: точка внутри времени одного бита, в которой измеряется логический уровень. Положение выражается процентом от начала бита до точки выборки относительно полной длительности бита. Диапазон: 10...90 %.



Положение выборки CAN

When:

- SOF — начало кадра;
- EOF — конец кадра;
- **Remote ID** — удаленный кадр с заданным ID; можно включить **Extended ID** и задать **ID**;
- Overload — кадр перегрузки;
- **Frame ID** — кадр данных с заданным **ID**;
- **Frame Data** — кадр данных с заданными данными; **Data** задается через интерфейс формата, **Bytes** — 1...8;
- **Data & ID** — одновременное соответствие ID и данным;
- Frame Error — ошибочный кадр;
- Bit Fill — ошибка вставки битов;
- Answer Error — ошибка подтверждения;
- Check Error — ошибка проверки;
- Format Error — ошибка формата;
- Random Error — любой из поддерживаемых ошибочных кадров, включая ошибки формата и подтверждения.

7.8 Зонный запуск — Zone Trigger

Осциллограф поддерживает две прямоугольные зоны: **Trigger zone A** и **Trigger zone B**. Для каждой можно задать условие Intersect или Not intersect.

Нарисуйте прямоугольную область в режиме Rectangle Drawing, затем выберите Trigger zone A или Trigger zone B. Двойное касание области открывает ее настройки. Также в меню Trigger можно выбрать **Zone trig**.

Настройка зоны

В интерфейсе зоны:

- Center X и Center Y изменяют положение;
- Width и Height — размеры зоны.

Включение/отключение

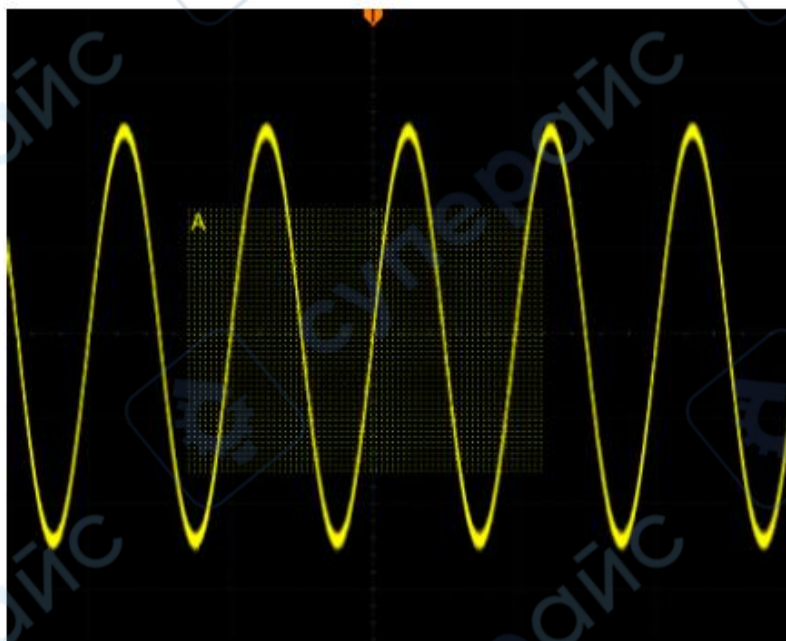
Zone A и **Zone B** включаются независимо переключателями ON/OFF.

Источник

Для каждой зоны можно выбрать источник CH1–CH8. Цвет названия и области зоны соответствует цвету выбранного канала.

Условие

- Intersect — условие выполняется при пересечении осциллограммой зоны;



- Not intersect — при отсутствии пересечения.



Логика между зонами

- A or B — запуск, если выполнено условие хотя бы одной зоны;
- A & B — запуск, если одновременно выполнены условия обеих зон.

СОВЕТ. При одновременном включении обеих зон итоговое условие определяется выбранной логикой объединения зон.

7.9 Разъем выхода запуска

Разъем **[AUX OUT]** на задней панели может выдавать сигнал аппаратного запуска в соответствии с текущими настройками.

Откройте  > **Utility** > **Setup** и в **AUX Out** выберите TrigOut. При каждом запуске через [AUX OUT] формируется сигнал, частота которого отражает текущую скорость захвата осциллографа. Если подать этот сигнал на измеритель частоты, результат будет равен текущей скорости захвата.

Если в **AUX Out** выбрано PassFail, через **[AUX OUT]** формируется импульс при обнаружении события Pass/Fail в соответствующем тесте.

8 Математические операции

Осциллографы серии поддерживают математическую обработку осциллограмм различных каналов: арифметические операции, спектральный анализ, логические операции, функциональные преобразования и цифровую фильтрацию.

Открыть меню **Math** можно одним из следующих способов:

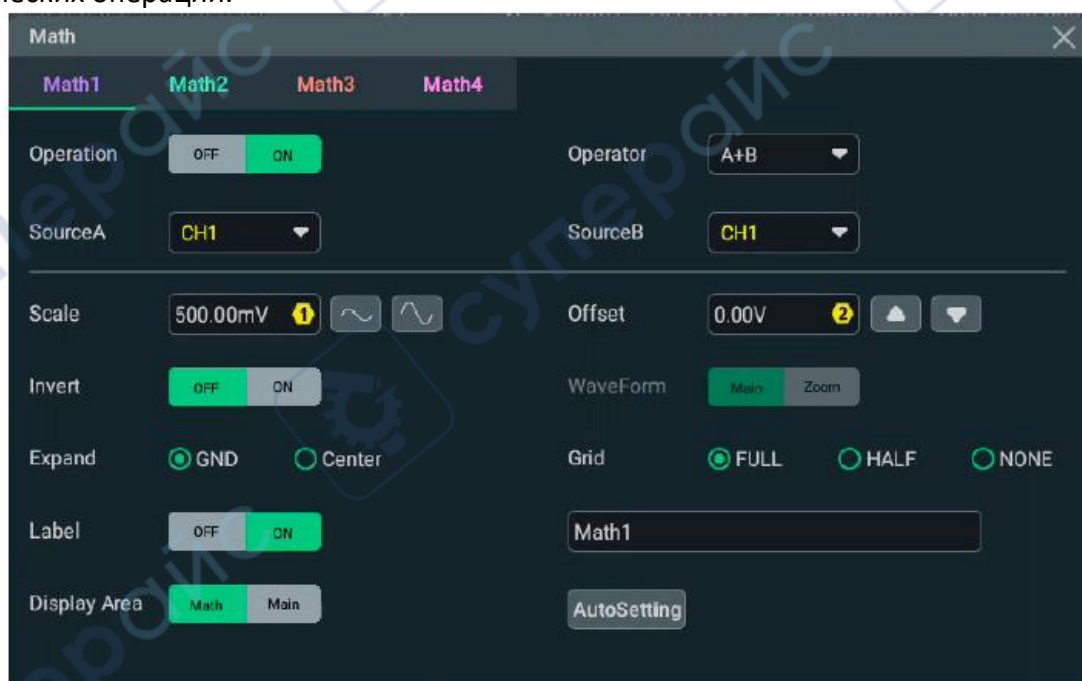
- откройте иконку навигации функций  в левом нижнем углу экрана и выберите **Math**;
- нажмите **Math** на панели инструментов в правой верхней части интерфейса;
- нажмите метку математического канала M в нижней части экрана и выберите требуемую математическую операцию;
- нажмите аппаратную клавишу Math на передней панели.



Нажмите или коснитесь указанной метки математической операции, чтобы включить соответствующую математическую операцию. После этого на экране отобразится окно настройки указанной математической операции, как показано на рисунке

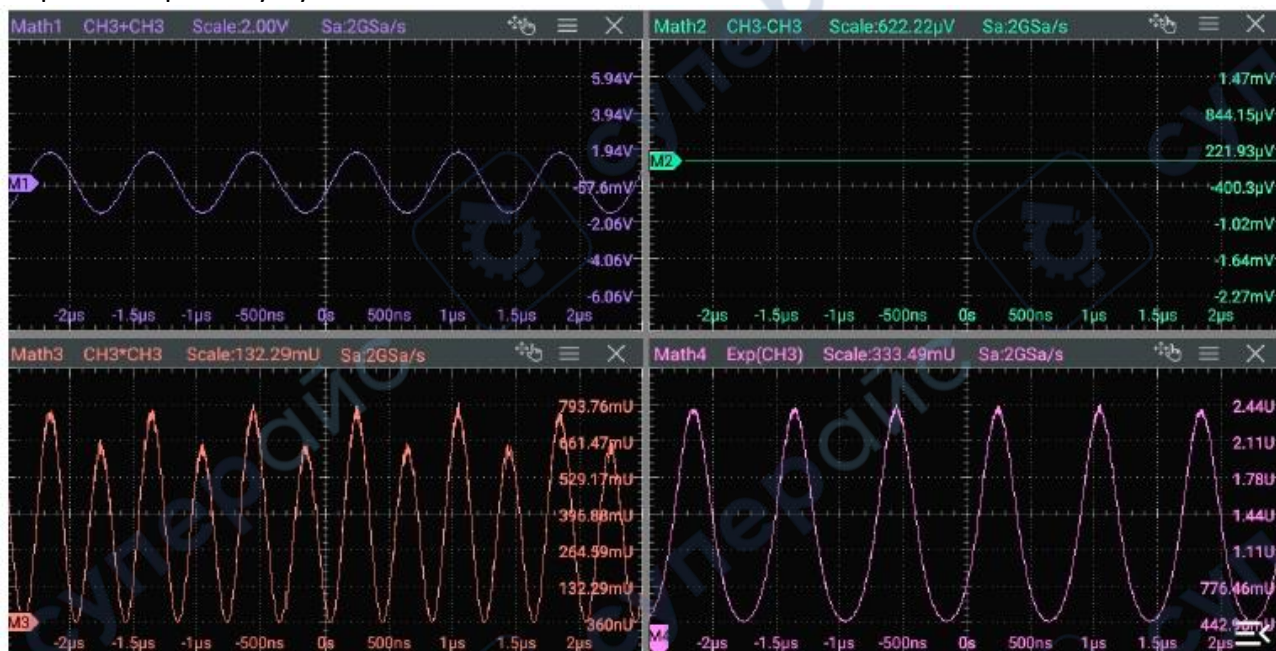
Нажмите или коснитесь указанной метки математической операции ещё раз либо нажмите/коснитесь кнопки  в правом верхнем углу окна математической операции, чтобы перейти в меню настройки математической операции.

Нажмите клавишу  на передней панели устройства, чтобы войти в меню математических операций.



Меню математических операций

Доступны четыре независимые математические операции: **Math1**, **Math2**, **Math3** и **Math4**. Для перехода между ними выберите соответствующую вкладку либо выполните горизонтальное перелистывание текущей вкладки. По умолчанию математические операции отключены. При включении соответствующий результат отображается на экране. Окно результата можно перемещать перетаскиванием за строку заголовка и закрывать кнопкой  в правом верхнем углу.



Окно результата математической операции

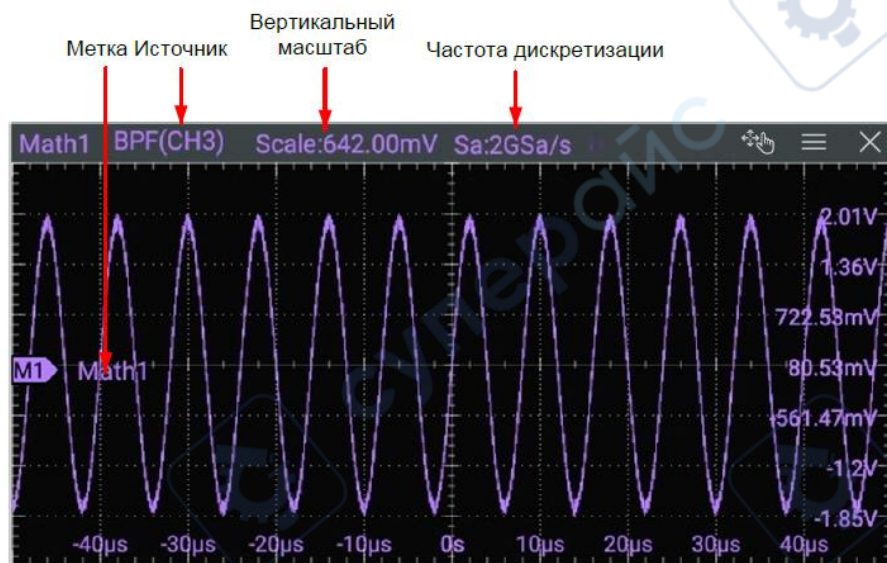
8.1 Арифметические операции

В меню **Math** откройте список **Operator** и выберите требуемую операцию:

- $A+B$ — поточечное сложение значений напряжения источников A и B;
- $A-B$ — поточечное вычитание значений источника B из значений источника A;
- $A \times B$ — поточечное умножение значений источников A и B;
- $A \div B$ — поточечное деление значений источника A на значения источника B; операция может использоваться для анализа кратности осциллограмм двух каналов.

Окно результата

Переключателем **Operation** включите или отключите отображение окна результата. В верхней части окна отображаются источник и вертикальный масштаб.



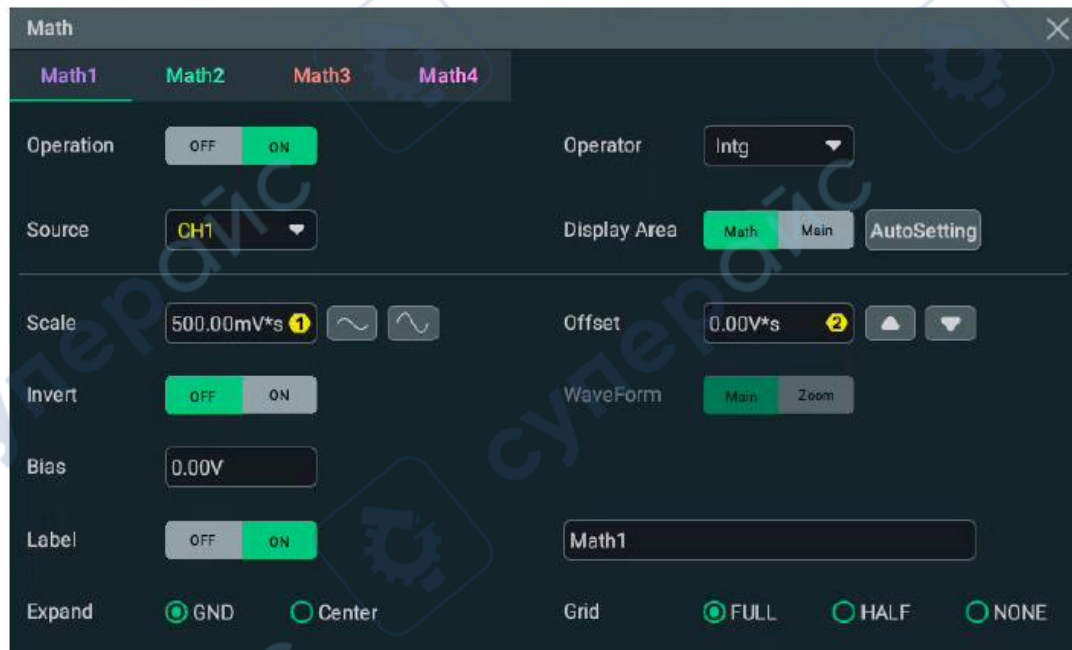
Окно результата арифметической операции

Source

В **SourceA** и **SourceB** выберите CH1–CH8 или Ref1–Ref10. При выборе канала-источника он автоматически включается.

СОВЕТ. Для Math2 дополнительно доступен Math1; для Math3 — Math1 и Math2; для Math4 — Math1, Math2 и Math3. При выборе математического канала-источника сам канал и его операция включаются автоматически.

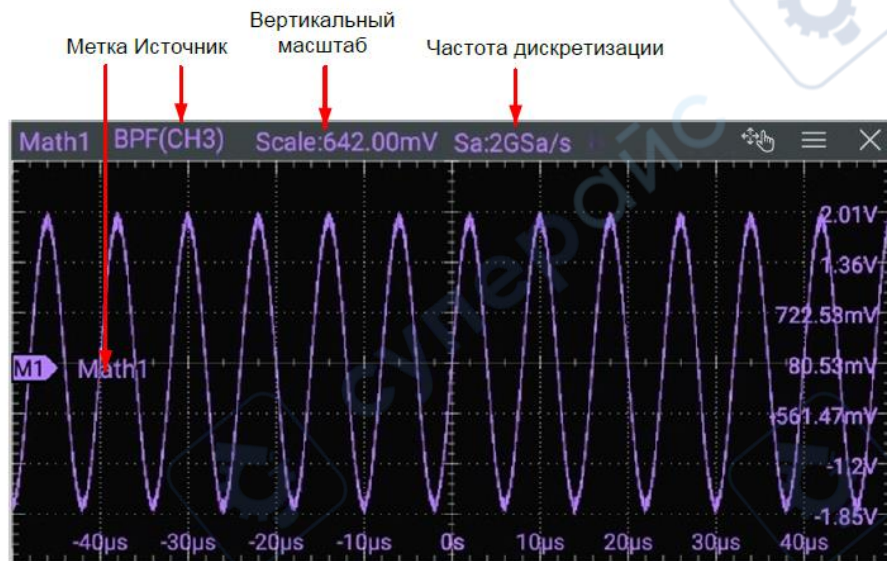
8.2 Функциональные операции



Меню функциональной операции

Выберите требуемый функциональный оператор в **Operator**.

Переключателем Operation включите или отключите окно результата. В верхней части окна отображаются источник, вертикальный масштаб, метка и частота дискретизации.



Окно результата функциональной операции

Source

В **Source** выберите CH1–CH8 или Ref1–Ref10. Выбранный канал автоматически включается. Для Math2–Math4 действуют те же правила каскадного использования математических каналов, что и для арифметических операций.

AutoSetting

Нажмите **AutoSetting**, чтобы автоматически установить вертикальный масштаб и смещение результата в оптимальные для текущей конфигурации значения.

Параметры отдельных операторов

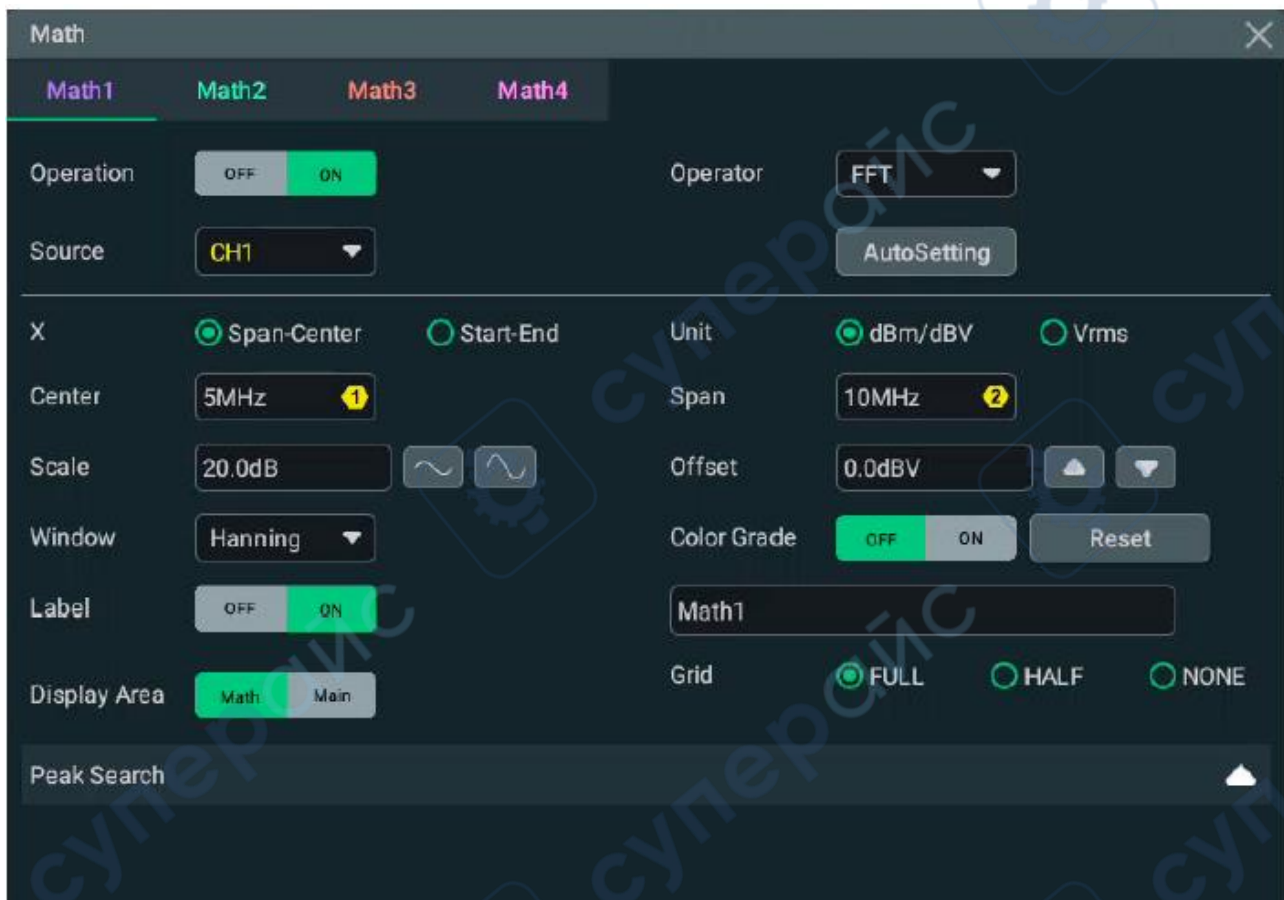
- При Operator = Intg в поле **Offset** задайте коэффициент калибровки постоянного смещения входного сигнала цифровой клавиатурой или назначенной многофункциональной ручкой.
- При Operator = Diff в поле **Smooth** задайте число сглаживаний дифференциальной операции цифровой клавиатурой или назначенной многофункциональной ручкой.

8.3 Операция FFT

FFT (Fast Fourier Transform, быстрое преобразование Фурье) преобразует сигнал во временной области в спектральные составляющие в частотной области. Функция позволяет одновременно наблюдать временную форму и спектр сигнала и применяется, в частности, для:

- измерения гармонических составляющих и искажений системы;
- отображения характеристик шума источника постоянного питания;
- анализа вибрации.

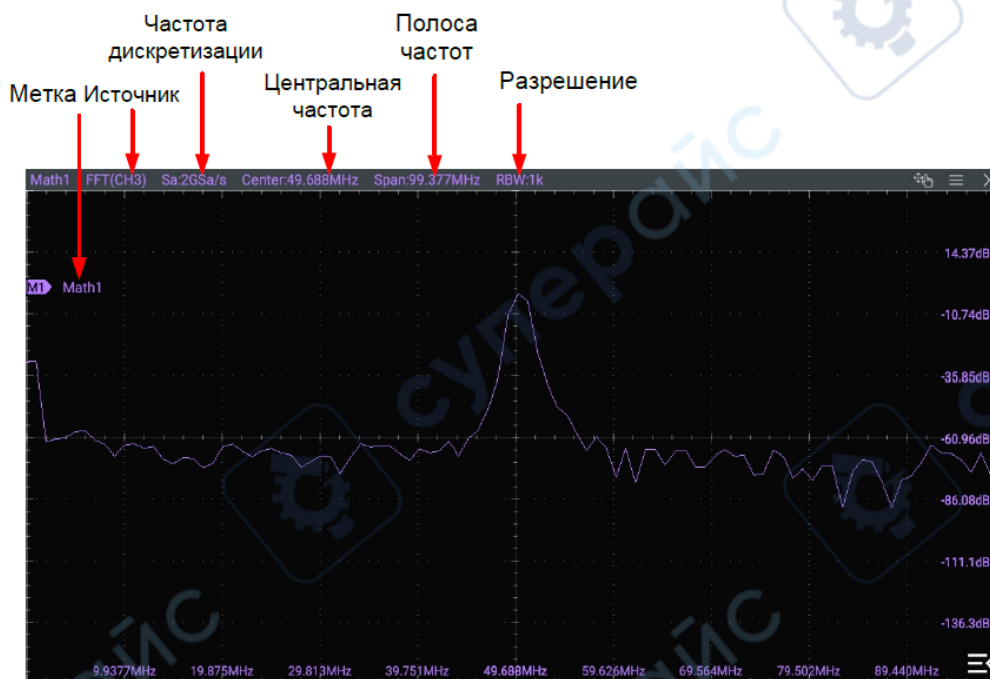
В **Operator** выберите **FFT** и настройте параметры преобразования.



Меню FFT

Operation

Переключателем **Operation** включите или отключите окно FFT. В верхней части окна отображаются центральная частота, полоса частот и разрешение. Разрешение FFT равно отношению частоты дискретизации к числу точек FFT. При фиксированном числе точек FFT (не более 65535) повышение частоты дискретизации повышает разрешение.



Окно результата FFT

Source

В **Source** выберите CH1–CH8. Выбранный канал автоматически включается.

Частотный диапазон

В параметре **X** выберите один из режимов.

Span-Center:

- **Span-Center (полоса частот — центральная частота):**

Параметр Span определяет диапазон частот, соответствующий ширине окна — от частоты в левой части окна до частоты в правой части окна. Разделите значение полосы частот (Span) на 10, чтобы получить значение частоты на одно деление шкалы.

Нажмите или коснитесь поля ввода **Center Freq** для установки частоты частотной характеристики относительно горизонтального центра экрана. Также можно использовать назначенный многофункциональный регулятор для установки значения. Диапазон настройки: от 5 Гц до 1 ГГц. Нажмите или коснитесь поля ввода **Span** для установки полосы частот с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный многофункциональный регулятор для установки значения. Диапазон настройки: от 10 Гц до 1 ГГц.

- **Start-End (начальная частота — конечная частота):**

Параметр Start Freq определяет частоту в левой части окна. Нажмите или коснитесь поля ввода **Start Freq**, чтобы установить начальную частоту с помощью всплывающей цифровой клавиатуры, либо используйте назначенный многофункциональный регулятор для установки значения. Диапазон настройки: от 0 Гц до (конечная частота – 10 Гц). Параметр End Freq определяет частоту в правой части окна. Нажмите или коснитесь поля ввода **End Freq**, чтобы установить конечную частоту с помощью всплывающей цифровой клавиатуры, либо используйте назначенный многофункциональный регулятор для установки значения. Диапазон настройки: от (начальная частота + 10 Гц) до 1 ГГц. Значение по умолчанию: 10 МГц.

Вертикальный масштаб и смещение

Для **Scale** и **Offset** можно выбрать единицы **dBm/dBV** или **Vrms**.

Оконная функция

Оконные функции уменьшают спектральное растекание. Выберите требуемую функцию в **Window** в соответствии с характеристиками измеряемого сигнала.

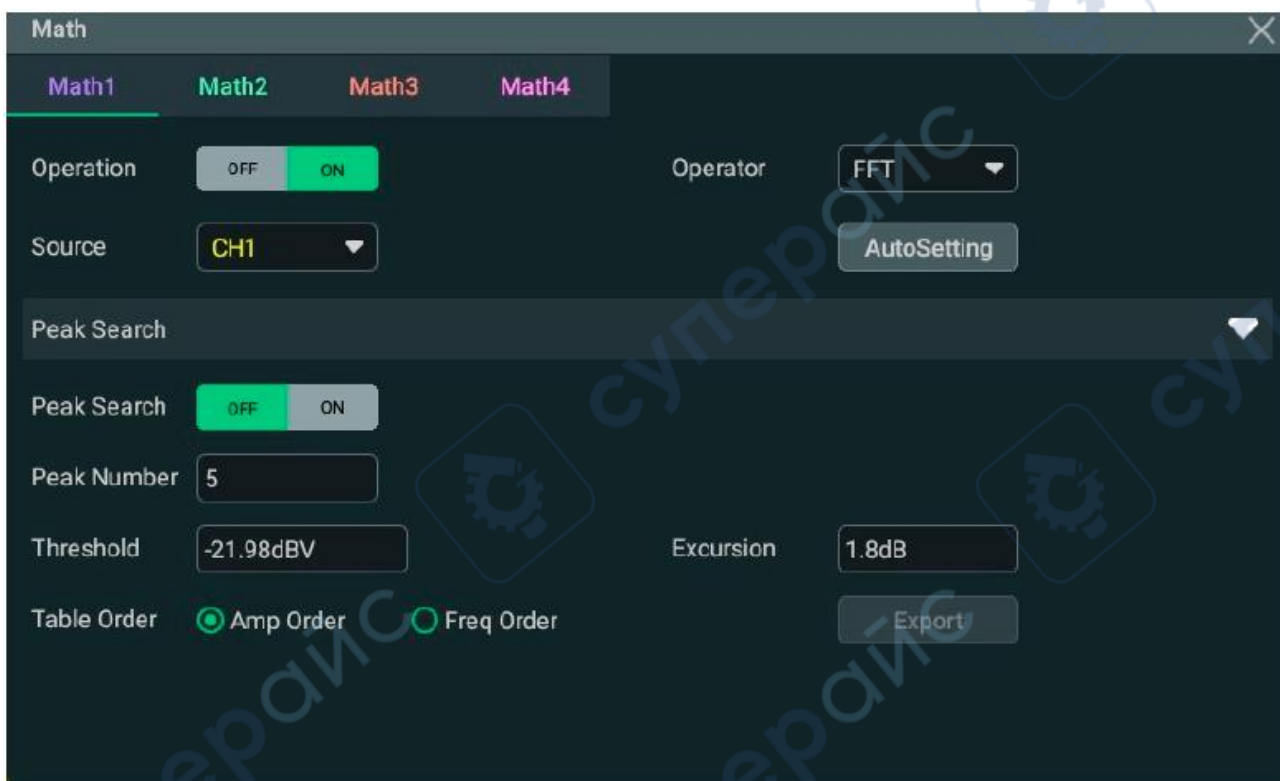
Оконная функция	Характеристики	Рекомендуемые сигналы
Rectangular	Наилучшее частотное разрешение, наихудшее амплитудное; близко к отсутствию окна	Переходные процессы и короткие импульсы с близкими уровнями до/после окна; синусоиды одинаковой амплитуды с близкими частотами; широкополосный случайный шум с медленным изменением спектра
Blackman-Harris	Наилучшее амплитудное разрешение, наихудшее частотное	Одночастотные сигналы, поиск гармоник высокого порядка
Hanning	Частотное разрешение лучше, амплитудное хуже, чем у Rectangular	Синусоидальные, периодические и узкополосные случайные шумовые сигналы
Hamming	Частотное разрешение немного лучше, чем у Hanning	Переходные процессы и короткие импульсы, уровни которых до и после умножения заметно различаются
Flat Top	Обеспечивает точное измерение амплитуды	Сигналы без точного опорного значения, для которых требуется точное амплитудное измерение
Triangle	Улучшенное частотное разрешение	Узкополосные сигналы при сильной шумовой помехе

Color Grade (цветовая градация)

Переключателем **Color Grade** включите или отключите цветовую градацию результатов FFT. При включении цвет указывает число захватов или вероятность появления данных. **Reset** очищает накопленную цветовую градацию и начинает ее формирование заново.

Peak Search (поиск пиков)

Откройте меню **Peak Search** кнопкой  справа от соответствующего пункта.



Поиск пиков

- **Peak Search** — включение/отключение окна поиска пиков; по умолчанию OFF.
- **Peak Number** — количество отображаемых пиков: 1–15; по умолчанию 5.
- **Threshold** — порог пика; допустимый диапазон зависит от текущих масштаба и смещения FFT.
- **Excursion** — минимальный перепад пика; минимальное значение 0, единица совпадает с единицей FFT.
- **Table Order** — сортировка результатов: **Amp Order** по амплитуде или **Freq Order** по частоте; по умолчанию Amp Order.

Нажмите или коснитесь кнопки **Export**, после чего отобразится интерфейс настройки экспорта. Результаты поиска пиков можно экспортировать во внутреннюю память или на внешнее USB-устройство хранения данных в формате CSV.

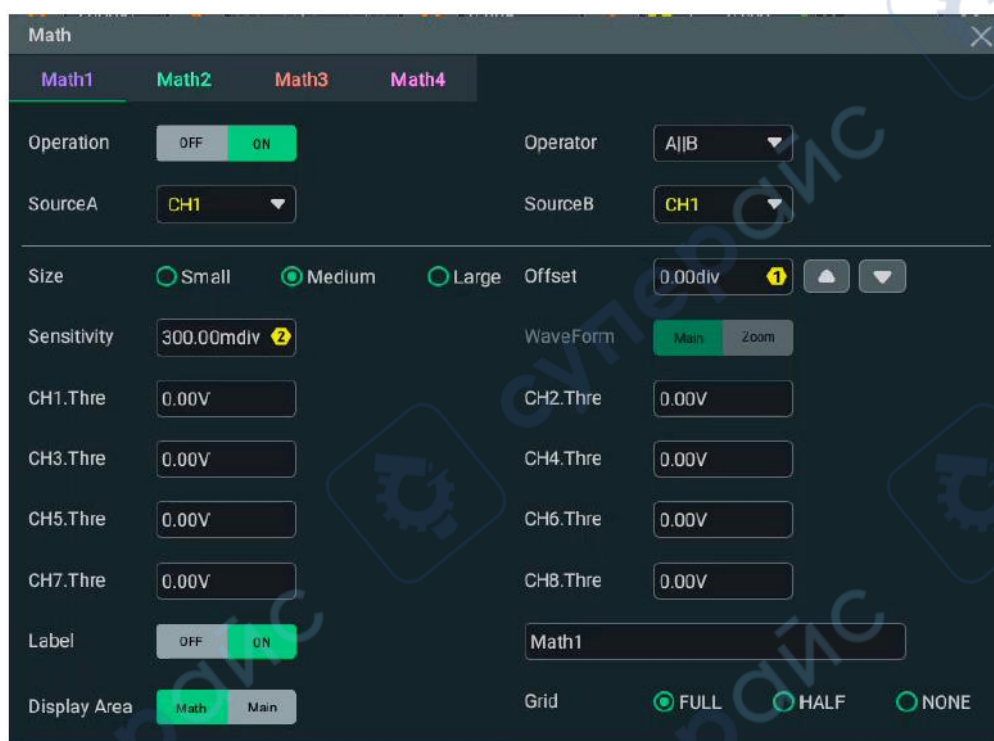
В меню нажмите или коснитесь поля ввода **File Name**, чтобы задать имя файла. Нажмите или коснитесь поля ввода **File Path**, после чего отобразится меню управления дисками (Disk Management). Выберите требуемое расположение для экспорта файла, затем нажмите или коснитесь кнопки **Export** для выполнения экспорта результатов поиска пиков.

Нажатие или касание значка  справа от пункта **Peak Search** позволяет закрыть меню поиска пиков.

8.4 Логические операции

В меню **Math** нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Operator** для выбора требуемой математической операции. Поддерживаемые данным осциллографом логические операции включают: $A \& B$; $A | B$; $A - B$; $A \wedge B$; $\neg A$;

После выбора требуемой логической операции из раскрывающегося списка **Operator** можно выполнить настройку параметров для выбранного типа логической операции.



Меню логических операций

Поддерживаются следующие описанные операции:

- **A&&B:**

Выполняет логическую операцию «И» (AND) над значениями напряжения формы сигнала указанных источников по каждой точке и отображает полученный результат. В процессе выполнения операции, если значение напряжения канала-источника превышает пороговое значение соответствующего канала, оно рассматривается как логическая «1»; в противном случае — как логический «0».

- **A||B:**

Выполняет логическую операцию «ИЛИ» (OR) над значениями напряжения формы сигнала указанных источников по каждой точке и отображает полученный результат. В процессе выполнения операции, если значение напряжения канала-источника превышает пороговое значение соответствующего канала, оно рассматривается как логическая «1»; в противном случае — как логический «0».

- **A^B:**

Выполняет логическую операцию «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ» (XOR) над значениями напряжения формы сигнала указанных источников по каждой точке и отображает полученный результат. В процессе выполнения операции, если значение напряжения канала-источника превышает пороговое значение соответствующего канала, оно рассматривается как логическая «1»; в противном случае — как логический «0».

- **!A:**

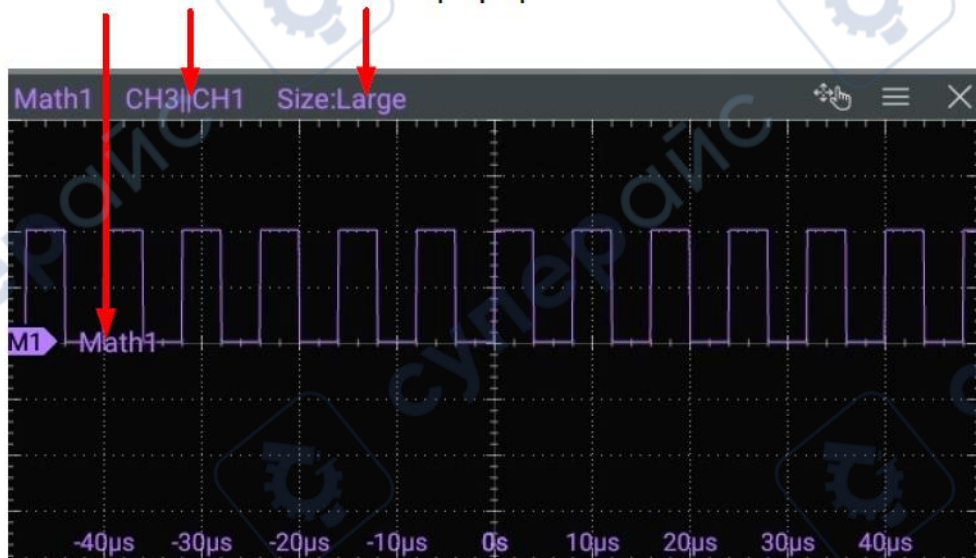
Выполняет логическую операцию «НЕ» (NOT) над значениями напряжения формы сигнала указанного источника по каждой точке и отображает полученный результат. В процессе выполнения операции, если значение напряжения канала-источника превышает пороговое значение соответствующего канала, оно рассматривается как логическая «1»; в противном случае — как логический «0».

A	B	A&&B	A B	A^B	!A
0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0

Окно результата

Переключателем **Operation** включите или отключите окно результата. В верхней части отображаются источник и размер осциллограммы.

Метка Источник Размер формы сигнала



Окно результата логической операции

Source

В **SourceA** и **SourceB** выберите поддерживаемые данной моделью аналоговые или цифровые каналы. Выбранные каналы автоматически включаются.

Waveform Size

Выберите размер отображения: Small, Medium или Large.



Sensitivity

В **Sensitivity** задайте чувствительность цифрового сигнала, получаемого из аналогового источника, цифровой клавиатурой или назначенной ручкой.

Threshold

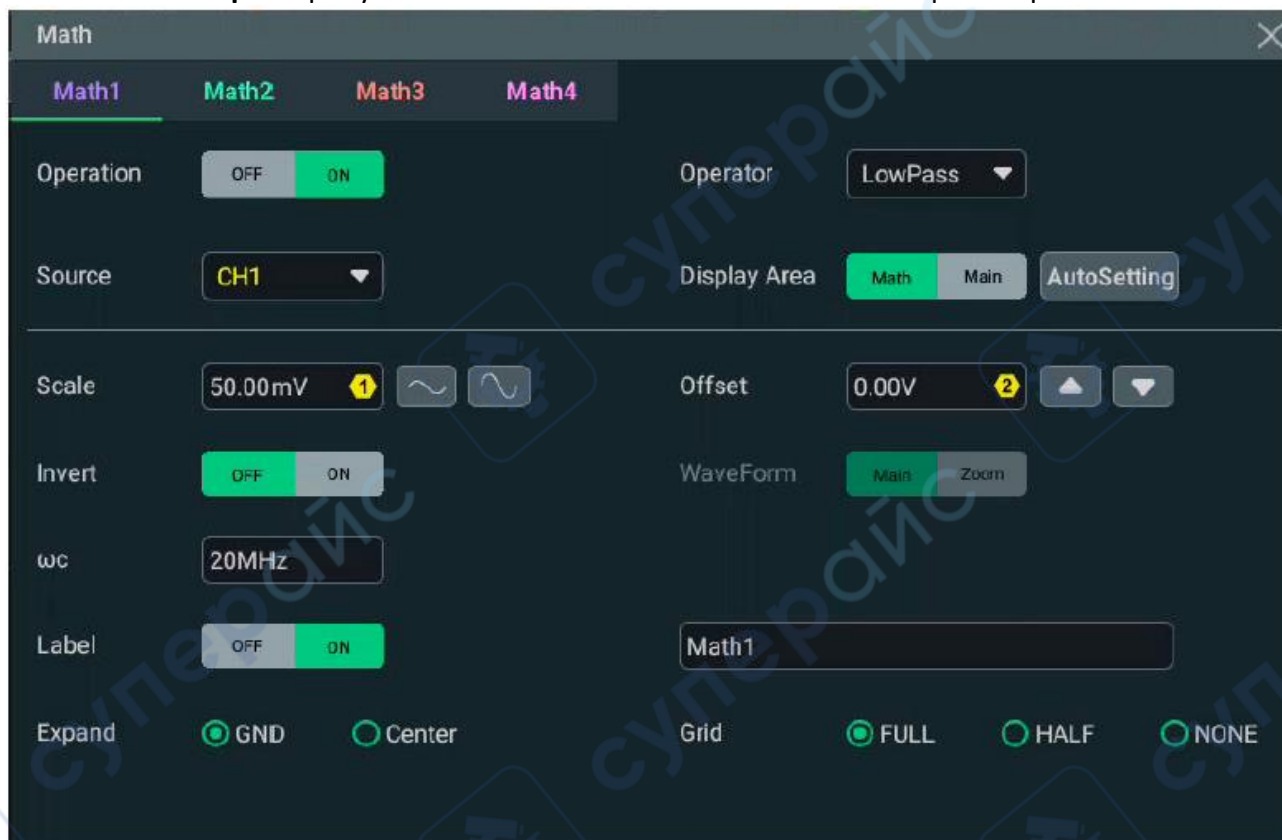
Для каждого источника задайте порог преобразования в логический уровень цифровой клавиатурой или назначенной ручкой.

8.5 Цифровой фильтр

В **Operator** выберите требуемый тип цифрового фильтра:

- **LowPass** — пропускает только частоты ниже заданной верхней граничной частоты;

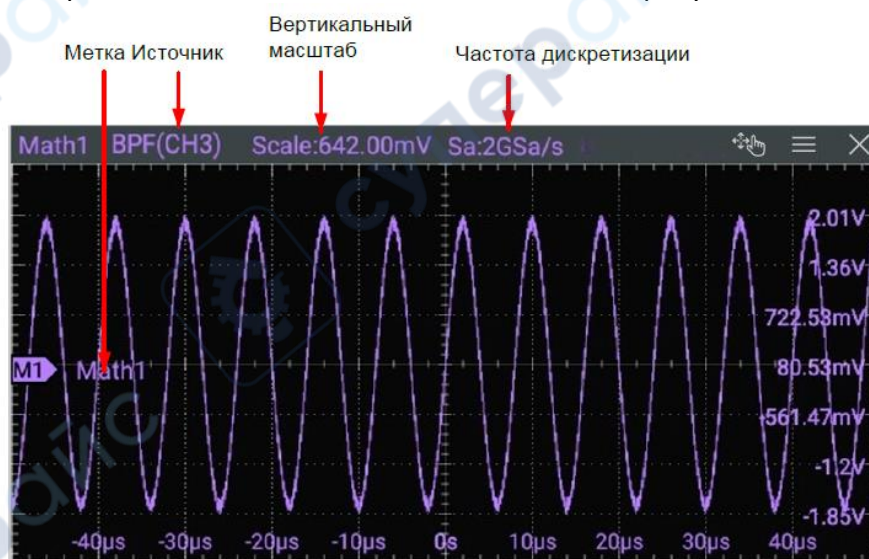
- **HighPass** — пропускает только частоты выше заданной нижней граничной частоты;
- **BandPass** — пропускает частоты между нижней и верхней граничными частотами;
- **BandStop** — пропускает частоты ниже нижней или выше верхней граничной частоты.



Меню цифрового фильтра

Окно отображения результатов операции цифрового фильтра

Нажмите или коснитесь вкладки включения/выключения в меню **Operation**, чтобы включить или отключить отображение окна результатов операции. В верхней части окна отображаются параметры Source и Vertical Scale, как показано на рисунке ниже.



Окно результата цифровой фильтрации

Source

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Source** для выбора CH1–CH8 или Ref1–Ref10. При выборе канала-источника выбранный канал автоматически переключается в состояние ON (включено).

Примечание

Помимо CH1–CH8 и Ref1–Ref10, доступные источники для Math2 также включают Math1; источники для Math3 также включают Math1 и Math2; источники для Math4 также включают Math1, Math2 и Math3. Выбранный математический канал и состояние операции автоматически включаются.

Граничные частоты

• LowPass (ФНЧ, фильтр низких частот):

Нажмите или коснитесь поля ввода **ωс** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки верхнего предела частоты либо используйте назначенный многофункциональный регулятор для установки значения.

• HighPass (ФВЧ, фильтр высоких частот):

Нажмите или коснитесь поля ввода **ωс** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки нижнего предела частоты либо используйте назначенный многофункциональный регулятор для установки значения.

• BandPass (полосовой фильтр):

Нажмите или коснитесь поля ввода **ωс1** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки нижнего предела частоты. Нажмите или коснитесь поля ввода **ωс2** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки верхнего предела частоты. Также можно использовать назначенный многофункциональный регулятор для установки значения.

• BandStop (режекторный фильтр):

Нажмите или коснитесь поля ввода **ωс1** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки нижнего предела частоты. Нажмите или коснитесь поля ввода **ωс2** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки верхнего предела частоты. Также можно использовать назначенный многофункциональный регулятор для установки значения.

Диапазоны настройки верхнего и нижнего пределов частоты зависят от частоты дискретизации Math (отображается в нижней части экрана при включении функции Math). Частота дискретизации аналогового канала или изменение глубины памяти могут влиять на частоту дискретизации Math.

Допустимые диапазоны граничных частот зависят от частоты дискретизации математического канала, отображаемой внизу экрана при включенной функции Math. Частота дискретизации аналогового канала и глубина памяти влияют на частоту дискретизации Math.

8.6 Параметры результата математической операции

После выбора оператора и источника настройте отображение результата.

Display Area

- Math — результат отображается в отдельном окне математической операции; значение по умолчанию.
- Main — результат отображается в основной области осциллограмм.

Scale

Настраивает вертикальный масштаб окна результатов математической операции. Для настройки вертикального масштаба выполните следующие действия:

- В меню Math поверните указанный многофункциональный регулятор на передней панели, назначенный для поля ввода **Scale**, либо нажмите/коснитесь значка справа от поля ввода Scale для увеличения или уменьшения вертикального масштаба. Также можно нажать или коснуться поля ввода **Scale** и ввести конкретное значение с помощью всплывающей цифровой клавиатуры.
- После закрытия меню Math для регулировки вертикального масштаба можно использовать жест сведения и разведения пальцев. Также для настройки значения можно использовать многофункциональный регулятор.

Offset

Настраивает вертикальное смещение окна результатов математической операции. Для настройки вертикального смещения выполните следующие действия:

- В меню Math поверните указанный многофункциональный регулятор на передней панели, назначенный для поля ввода **Offset**, либо нажмите/коснитесь значка справа от поля ввода **Offset** для увеличения или уменьшения вертикального смещения.

Также можно нажать или коснуться поля ввода Offset и ввести конкретное значение с помощью всплывающей цифровой клавиатуры.

- После закрытия меню Math для регулировки вертикального смещения можно использовать жест перемещения (перетаскивание). Для регулировки значения с помощью многофункционального регулятора необходимо перед закрытием меню переместить курсор в поле ввода. После этого отобразится назначенный регулятор, который можно использовать для изменения значения.

Auto Setting

Нажмите или коснитесь **Auto Setting**, после чего вертикальный масштаб и смещение окна результатов математической операции будут автоматически настроены на оптимальные значения на основе текущих настроек. Это позволяет получить более удобное отображение результатов.

Invert

Настраивает включение или отключение инвертированного отображения формы сигнала.

Операция FFT не поддерживает функцию Invert.

Waveform

Настраивает область временной базы формы сигнала математической операции.

- **Main:** Форма сигнала отображается в основной области временной базы. Значение по умолчанию — Main.

- **Zoom:** Форма сигнала отображается в увеличенной области временной базы.

При выборе Zoom необходимо включить режим Zoom Mode (Delayed Sweep) в разделе Horizontal System.

Отображение области увеличения не поддерживается для FFT.

Vertical Expansion

Настраивает точку вертикального расширения окна результатов математической операции.

GND: При изменении вертикального масштаба форма сигнала математической операции будет расширяться или сжиматься относительно положения уровня земли (GND) сигнала.

Center: При изменении вертикального масштаба форма сигнала математической операции будет расширяться или сжиматься относительно центра экрана.

Расширение относительно центра (Center) не поддерживается для FFT.

Label

Настраивает включение или отключение отображения метки математической операции формы сигнала.

Grid

Если для параметра Display Area установлено значение Math, можно настроить сетку экрана.

9 Измерения

Осциллограф поддерживает быстрые измерения после выполнения Auto, автоматическое измерение 41 параметра осциллограммы и курсорные измерения.

9.1 Измеряемые параметры

Поддерживаются временные параметры, счетчики событий, параметры задержки и фазы, параметры напряжения и дополнительные параметры.

9.1.1 Временные параметры



Временные параметры

- **Период** (Period) — время между точками среднего порога двух последовательных одноименных фронтов.
- **Частота** (Frequency) — величина, обратная периоду.
- **Время нарастания** (Rise Time) — время нарастания амплитуды от нижнего до верхнего порога.
- **Время спада** (Fall Time) — время спада амплитуды от верхнего до нижнего порога.
- **+Ширина** (+Width) — время от точки среднего порога нарастающего фронта до точки среднего порога следующего спадающего фронта.
- **-Ширина** (-Width) — время от точки среднего порога спадающего фронта до точки среднего порога следующего нарастающего фронта.
- **Положительный коэффициент заполнения** (+Duty) — отношение длительности положительного импульса к периоду.
- **Отрицательный коэффициент заполнения** (-Duty) — отношение длительности отрицательного импульса к периоду.
- **Tvmax** — время, соответствующее максимальному значению осциллограммы Vmax.
- **Tvmin** — время, соответствующее минимальному значению Vmin.

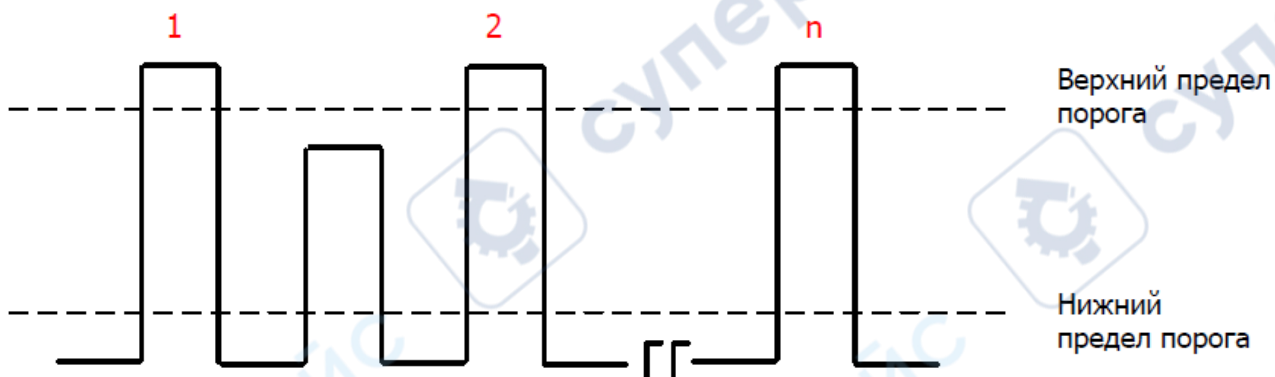
Значения верхнего, среднего и нижнего порогов по умолчанию: 90 %, 50 % и 10 % соответственно.

9.1.2 Счетчики событий

Для счетчиков верхний и нижний пороги по умолчанию равны 90 % и 10 %.

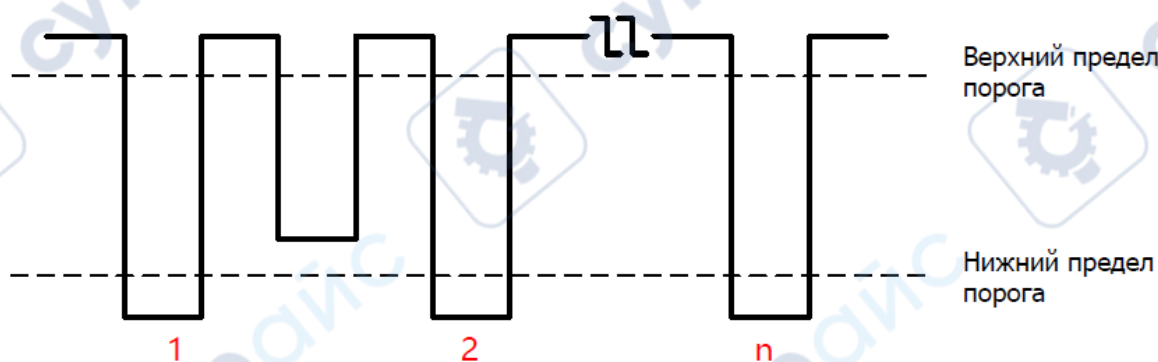
- **Positive Pulse Count** — число положительных импульсов, которые переходят от уровня ниже нижнего порога к уровню выше верхнего порога.

Количество положительных импульсов = n



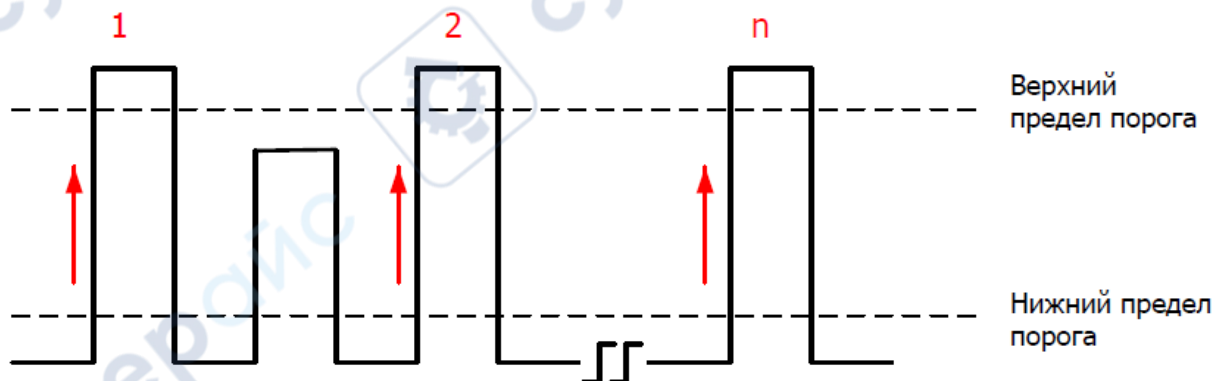
- **Negative Pulse Count** — число отрицательных импульсов, которые переходят от уровня выше верхнего порога к уровню ниже нижнего порога.

Количество отрицательных импульсов = n

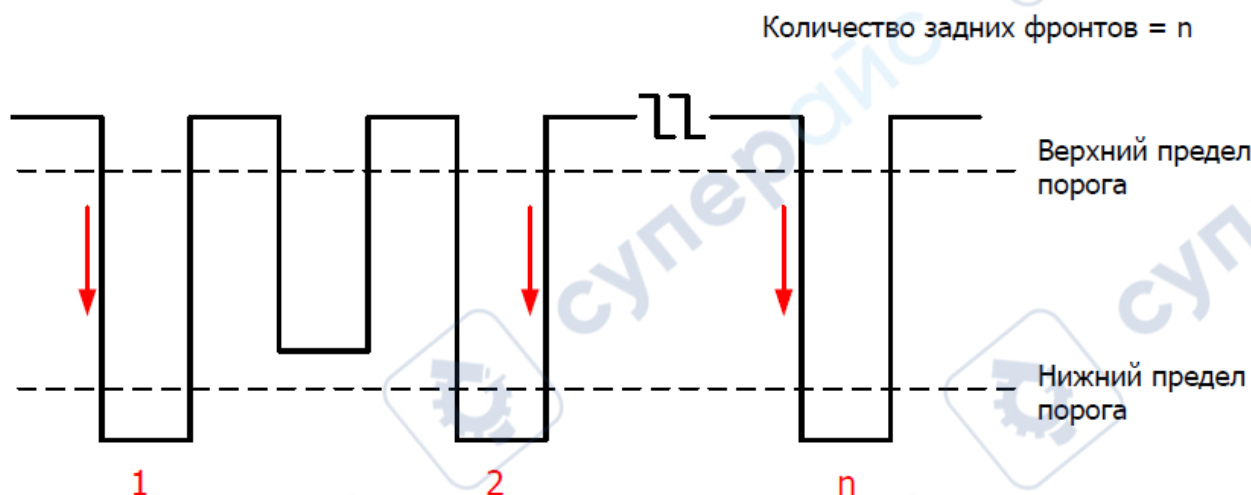


- **Rising Edge Count** — число нарастающих фронтов, проходящих от уровня ниже нижнего порога к уровню выше верхнего порога.

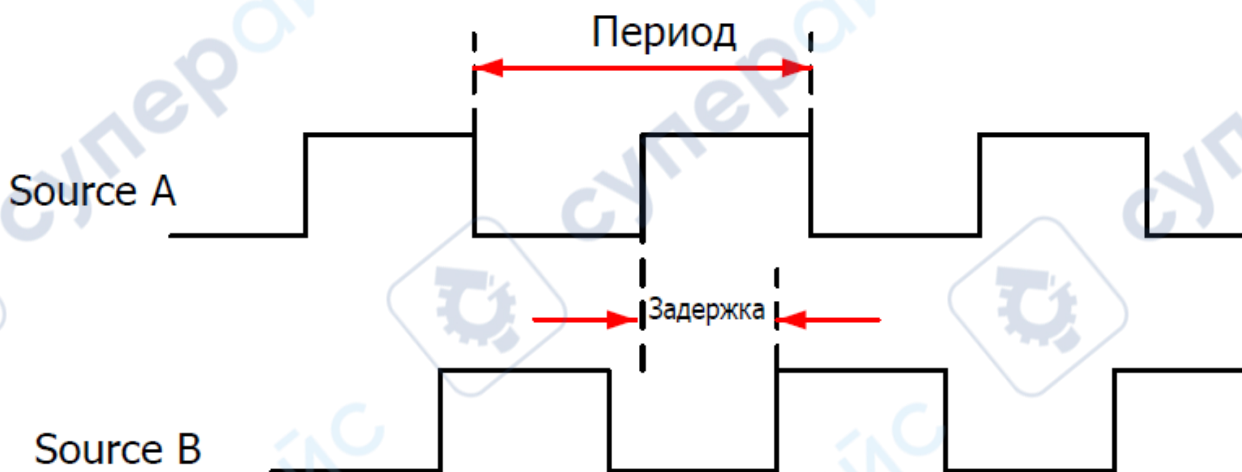
Количество передних фронтов = n



- **Falling Edge Count** — число спадающих фронтов, проходящих от уровня выше верхнего порога к уровню ниже нижнего порога.



9.1.3 Параметры задержки и фазы



Параметры задержки и фазы

Delay – задержка; **Period** – период

1. Delay(r-r) — разность времени между точками среднего порога нарастающих фронтов источников A и B (Source A и Source B). Отрицательное значение означает, что нарастающий фронт A произошел после фронта B.

2. Delay(f-f) — Определяет разницу во времени между средними пороговыми уровнями задних фронтов источника A и источника B. Отрицательное значение задержки означает, что задний фронт источника A возник после заднего фронта источника B.

3. Delay(r-f) — Определяет разницу во времени между средними пороговыми уровнями переднего фронта источника A и заднего фронта источника B. Отрицательное значение задержки означает, что передний фронт источника A возник после заднего фронта источника B.

4. Delay(f-r) — Определяет разницу во времени между средними пороговыми уровнями заднего фронта источника A и переднего фронта источника B. Отрицательное значение задержки означает, что задний фронт источника A возник после переднего фронта источника B.

5. Phase(r-r) — Определяет фазовое отклонение между средними пороговыми уровнями передних фронтов источника А и источника В. Формула расчёта фазы:

$$PhaseA_RB_R = \frac{DelayA_RB_R}{Period_{sourceA}} \times 360^\circ$$

где

PhaseA_RB_R представляет *Phase(r-r)*;

DelayA_RB_R представляет *Delay(r-r)*;

Period_{sourceA} представляет период источника А.

6. Phase(f-f) — Определяет фазовое отклонение между средними пороговыми уровнями задних фронтов источника А и источника В. Формула расчёта фазы:

$$PhaseA_FB_F = \frac{DelayA_FB_F}{Period_{sourceA}} \times 360^\circ$$

где:

PhaseA_FB_F представляет *Phase(f-f)*;

DelayA_FB_F представляет *Delay(f-f)*;

Period_{sourceA} представляет период источника А.

7. Phase(r-f) — Определяет фазовое отклонение между средними пороговыми уровнями переднего фронта источника А и заднего фронта источника В. Формула расчёта фазы:

$$PhaseA_RB_F = \frac{DelayA_RB_F}{Period_{sourceA}} \times 360^\circ$$

где:

PhaseA_RB_F представляет *Phase(r-f)*;

DelayA_RB_F представляет *Delay(r-f)*;

Period_{sourceA} представляет период источника А.

8. Phase(f-r) — Определяет фазовое отклонение между средними пороговыми уровнями заднего фронта источника А и переднего фронта источника В.

$$PhaseA_FB_R = \frac{DelayA_FB_R}{Period_{sourceA}} \times 360^\circ$$

где:

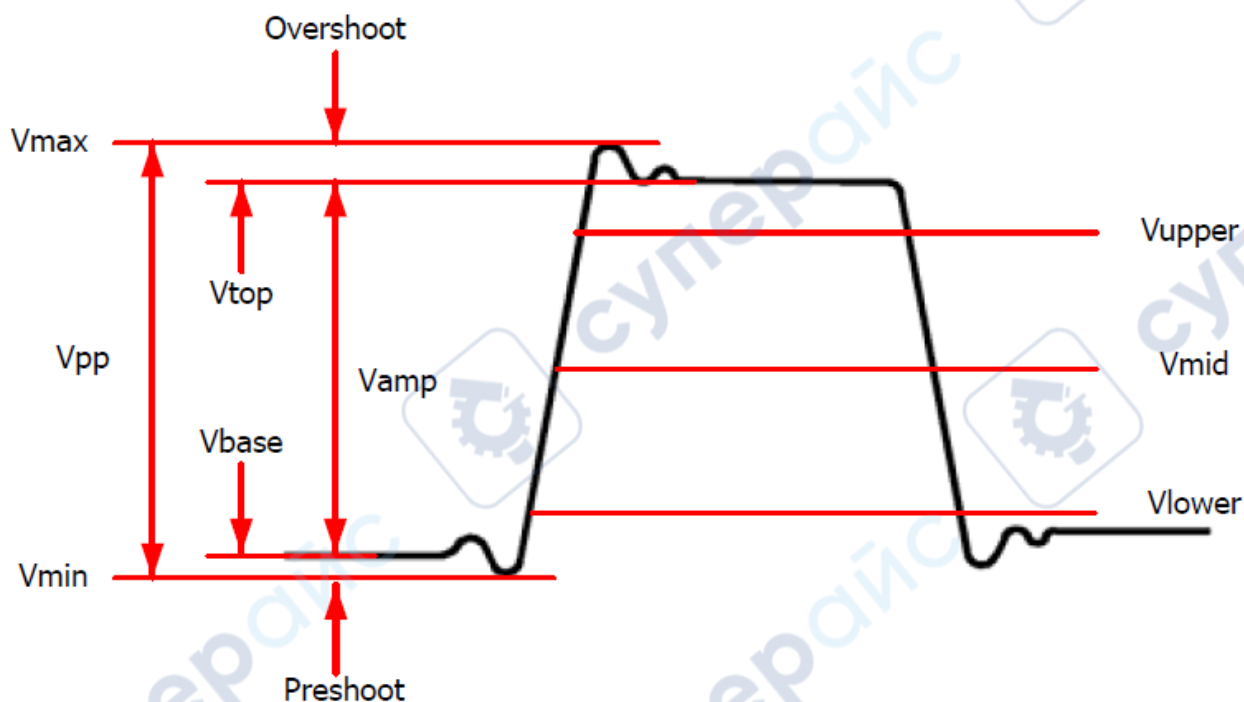
PhaseA_FB_R представляет *Phase(f-r)*;

DelayA_FB_R представляет *Delay(f-r)*;

Period_{sourceA} представляет период источника А.

СОБЕТ. В качестве Source А и Source В могут использоваться любые аналоговые каналы, а также Math1–Math4. Значение среднего порогового уровня по умолчанию составляет 50%.

9.1.4 Параметры напряжения



Параметры напряжения

1. **Vmax** — напряжение от самой высокой точки осциллограммы до GND.
2. **Vmin** — напряжение от самой низкой точки до GND.
3. **Vpp** — разность между максимальной и минимальной точками.
4. **Vtop** — напряжение от плоской верхней части сигнала до GND.
5. **Vbase** — напряжение от плоской нижней части сигнала до GND.
6. **Vamp** — разность между верхним и нижним уровнями осциллограммы.
7. **Vupper** — фактическое напряжение, соответствующее верхнему порогу.
8. **Vmid** — фактическое напряжение среднего порога.
9. **Vlower** — фактическое напряжение нижнего порога.
10. **Vavg** — среднее арифметическое по всей осциллограмме или заданной области:

$$Average = \sum_{i=1}^n x_i$$

где:

x_i — значение i -й точки, а n — количество измеряемых точек.

11. **VRMS** — среднеквадратическое значение по всей осциллограмме или заданной области:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

где:

x_i — результат измерения i -й точки, а n — количество измеряемых точек.

12. **Per.VRMS** — среднеквадратическое значение в пределах одного периода.
13. **Overshoot** — отношение разности между максимальным и верхним уровнем к амплитуде.

14. Preshoot — отношение разности между минимальным и базовым уровнем к амплитуде.

15. AC RMS — среднеквадратическое значение с исключенной постоянной составляющей; рассчитывается как стандартное отклонение отсчетов относительно среднего значения.

$$Std. Dev = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - Average)^2}{n}}$$

где:

x_i — амплитуда i -й точки, $Average$ — среднее значение формы сигнала, а n — количество измеряемых точек.

9.1.5 Другие параметры

- **Positive Slew Rate (Положительная скорость нарастания):**

На переднем фронте сначала вычисляется разность между высоким и низким значениями, затем полученная разность делится на соответствующее значение времени для получения положительной скорости нарастания.

- **Negative Slew Rate (Отрицательная скорость спада):**

На заднем фронте сначала вычисляется разность между низким и высоким значениями, затем полученная разность делится на соответствующее значение времени для получения отрицательной скорости спада.

- **Area (Площадь):**

Указывает площадь всей формы сигнала в пределах экрана. Единица измерения — В·с.

Площадь формы сигнала выше нулевого опорного уровня (то есть уровня вертикального смещения) является положительной, а площадь формы сигнала ниже нулевого опорного уровня — отрицательной. Измеренная площадь представляет собой алгебраическую сумму площадей всей формы сигнала в пределах экрана.

- **Period Area (Площадь периода):**

Указывает площадь первого периода формы сигнала, отображаемого на экране. Единица измерения — В·с.

Площадь формы сигнала выше нулевого опорного уровня (то есть уровня вертикального смещения) является положительной, а площадь формы сигнала ниже нулевого опорного уровня — отрицательной.

Измеренная площадь представляет собой алгебраическую сумму площади всего периода сигнала.

9.2 Выбор измеряемого параметра

В меню **Measure** выберите вкладку **Horizontal**, **Vertical** или **Other**, затем требуемый параметр. Одновременно можно включить до 14 измерений.

Vertical: Vmax, Vmin, Vpp, Vtop, Vbase, Vamp, Vupper, Vmid, Vlower, Vavg, VRMS, Per.VRMS, Overshoot, Preshoot, Area, Per.Area, AC.RMS.

Horizontal: Period, Frequency, Rise Time, Fall Time, +Width, -Width, +Duty, -Duty, Positive Pulse Count, Negative Pulse Count, Rising Edge Count, Falling Edge Count, Tvmax, Tvmin, +Slew Rate, -Slew Rate.

Other: Delay(r-r), Delay(r-f), Delay(f-r), Delay(f-f), Phase(r-r), Phase(r-f), Phase(f-r), Phase(f-f).

После выбора указанного пункта измерения на правой панели «Result» в правой части экрана отображаются результаты измерения выбранного пункта.

Нажмите или коснитесь результатов измерения выбранного пункта, после чего отобразятся его подменю.

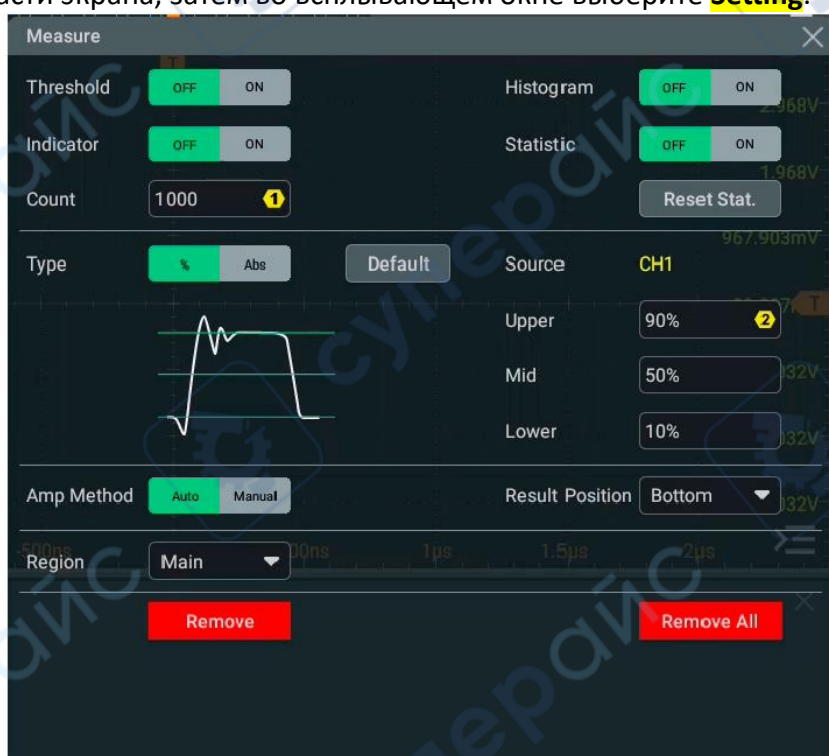
В подменю можно выполнить соответствующие настройки, например:

- настроить параметры измерения;
- удалить результаты измерения.

9.3 Настройки измерений

Войти в меню настройки измерений можно следующими способами:

- В меню **Measure** нажмите или коснитесь кнопки **Setting** для перехода в меню настройки измерений.
- Нажмите или коснитесь меток результатов измерений на правой боковой панели «Result» в правой части экрана, затем во всплывающем окне выберите **Setting**.



Меню настроек измерений

Histogram

Histogram включает или отключает гистограмму распределения результатов измерений.

При включении отображаются:

- Type — измеряемый параметр;
- Sum — сумма отсчетов всех интервалов гистограммы;
- Peaks — максимальное число попаданий в одном интервале;
- Max — значение максимального интервала, содержащего попадания;
- Min — значение минимального интервала, содержащего попадания;
- Pk_Pk — разность Max и Min;
- Mean — среднее значение;
- Median — медиана;

- Mode — мода;
- Bin width — ширина одного интервала;
- Sigma — стандартное отклонение;
- XScale — горизонтальный масштаб гистограммы, равный $100 \times \text{Bin width}$.

Indicator

Indicator включает курсорные индикаторы мест выполнения выбранных автоматических измерений. До включения должен быть активирован хотя бы один параметр автоматического измерения.

COBET. Если параметр не выбран или источник отсутствует, индикатор недоступен. При горизонтальном масштабировании осциллограммы положение индикатора изменяется.

Measurement Threshold (Порог измерения)

- Выберите представление порогов: **%** или **Abs**.
- В **Source** выберите аналоговый канал либо Math1–Math4.
- Нажмите или коснитесь поля ввода **Upper** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки верхнего предела измерения либо используйте соответствующий многофункциональный регулятор для установки значения.

Если верхний предел установлен меньше или равен текущему среднему значению, отображается сообщение «Set at lower limit». После этого осциллограф автоматически скорректирует верхний предел и установит его выше среднего значения. Значение по умолчанию: 90%. Абсолютное значение по умолчанию зависит от вертикальных настроек канала.

- Нажмите или коснитесь поля ввода **Mid** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки среднего значения измерения либо используйте соответствующий многофункциональный регулятор для установки значения. Среднее значение ограничивается настройками верхнего и нижнего пределов. Значение по умолчанию: 50%. Абсолютное значение по умолчанию зависит от вертикальных настроек канала.

- Нажмите или коснитесь поля ввода **Lower** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки нижнего предела измерения либо используйте соответствующий многофункциональный регулятор для установки значения.

Если нижний предел установлен больше или равен текущему среднему значению, отображается сообщение «Set at upper limit». После этого осциллограф автоматически скорректирует нижний предел и установит его ниже среднего значения. Значение по умолчанию: 10%. Абсолютное значение по умолчанию зависит от вертикальных настроек канала.

- Нажмите или коснитесь кнопки **Default**, чтобы вернуть верхний, средний и нижний пределы к значениям по умолчанию.

Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Threshold**, чтобы включить или отключить настройки порогового уровня.

Примечание

Изменение порогового уровня влияет на результаты измерения временных параметров, параметров задержки и фазовых параметров.

Measurement Range (Диапазон измерения)

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Region** для выбора значения «Main» или «Zoom».

- **Main:** Указывает, что диапазон измерения находится в основной области временной базы.

- **Zoom:** Указывает, что диапазон измерения находится в увеличенной области временной базы. Для использования режима «Zoom» необходимо предварительно включить Zoom Mode (Delayed Sweep).

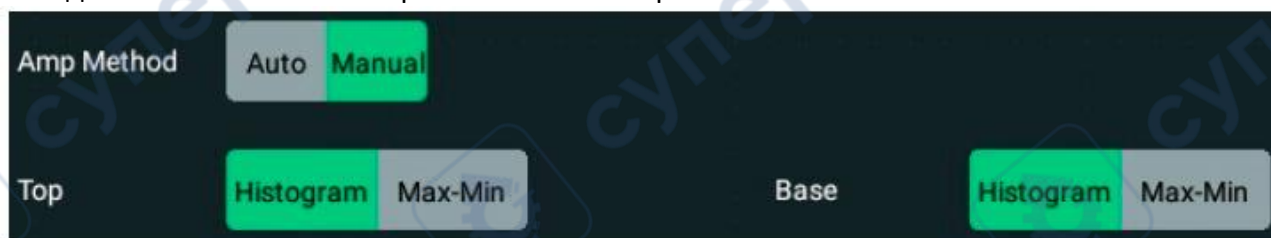
- **Cursor:** Если параметр **CursorAB** установлен в состояние ON, на экране отображаются два курсора.

В этом случае нажмите или коснитесь полей ввода **CursorA** и **CursorB** соответственно и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для изменения положения курсоров и определения диапазона измерения.



Amplitude Measurement Method (Метод измерения амплитуды)

Выберите **Auto** или **Manual** для выбора метода измерения амплитуды. Выбранный метод влияет на способ измерения значений Top и Base.



Если выбран режим «Manual», выполните настройку следующих параметров:

- Нажмите или коснитесь переключателя **Top** для выбора метода измерения верхнего значения: Histogram; Max-Min.

- Нажмите или коснитесь переключателя **Base** для выбора метода измерения нижнего значения: Histogram; Max-Min.

Примечание:

Если для метода измерения амплитуды выбран режим «Manual», результаты измерения других параметров могут измениться. Histogram и Max-Min являются внутренними алгоритмами измерения осциллографа.

9.4 Статистика результатов

Статистика может отображаться в нижней части экрана, справа либо одновременно в обеих областях.



Статистика справа на экране

В списке результатов в правой части экрана нажмите или коснитесь  в нижней правой области отображаемого пункта измерения, чтобы развернуть все статистические результаты выбранного пункта измерения. Нажмите или коснитесь ещё раз , чтобы свернуть отображаемые статистические результаты выбранного пункта измерения. При этом будет отображаться только текущее значение.

В меню настройки выбранного пункта измерения нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Statistic**, чтобы в списке результатов отображались либо все статистические результаты, либо только текущее значение выбранного пункта измерения.

Set the Measurement Count (Настройка количества измерений)

В меню настройки измерений нажмите или коснитесь поля ввода **Count** и установите количество статистических измерений с помощью всплывающей виртуальной цифровой клавиатуры. Также можно повернуть указанный регулятор, назначенный для поля ввода, чтобы установить значение. Диапазон настройки: от 2 до 100 000. Значение по умолчанию: 1 000.

Reset the Statistics of the Measurement Results (Сброс статистики результатов измерений)

В списке результатов в правой части экрана нажмите или коснитесь любого пункта измерения, после чего отобразятся подменю. Нажмите или коснитесь **Reset Stat.**, чтобы удалить сохранённые статистические данные всех измеренных значений и выполнить повторный статистический анализ.

Также можно нажать или коснуться **Reset Stat.** в меню настройки измерений для сброса статистики.

9.5 Удаление результатов измерений

Для отдельного параметра выберите Remove в его настройках или в контекстном меню результата либо перетащите элемент результата вправо.

Для удаления всех параметров используйте **Remove All** в меню настроек или контекстном меню любого результата.

9.6 Автоматическая настройка и измерение

После правильного подключения осциллографа и получения корректного сигнала нажмите или коснитесь значка функции навигации  в левом нижнем углу экрана. Выберите значок **Auto** для включения функции автоматической настройки формы сигнала и открытия меню автоматической настройки.

Также можно нажать соответствующую клавишу  на передней панели прибора для включения автоматической настройки формы сигнала и открытия интерфейса автоматической настройки.



- Нажмите или коснитесь первого значка, после чего на экране автоматически будет отображаться сигнал в течение двух периодов. Одновременно система выполнит измерение параметров «Период» и «Частота» для текущей отображаемой формы сигнала. Результаты измерений отображаются в правой части экрана в списке «Result».

- Нажмите или коснитесь второго значка, после чего на экране автоматически будут отображаться несколько периодов сигнала. Одновременно система выполнит измерение параметров «Период» и «Частота» для текущей отображаемой формы сигнала на протяжении нескольких периодов. Результаты измерений отображаются в правой части экрана в списке «Result».

- Нажмите или коснитесь третьего значка, после чего будет включён пункт измерения «Rise Time». Результаты измерения отображаются в правой части экрана в списке «Result». По умолчанию данный режим предназначен для сигналов с быстрым фронтом.

- Нажмите или коснитесь четвёртого значка, после чего будет включён пункт измерения «Fall Time». Результаты измерения отображаются в правой части экрана в списке «Result». По умолчанию данный режим предназначен для сигналов с быстрым фронтом.

- Нажмите или коснитесь пятого значка для отмены автоматической настройки и восстановления параметров, установленных до нажатия клавиши Auto.

- Нажмите или коснитесь шестого значка для перехода в подменю Auto Config в меню Utility.

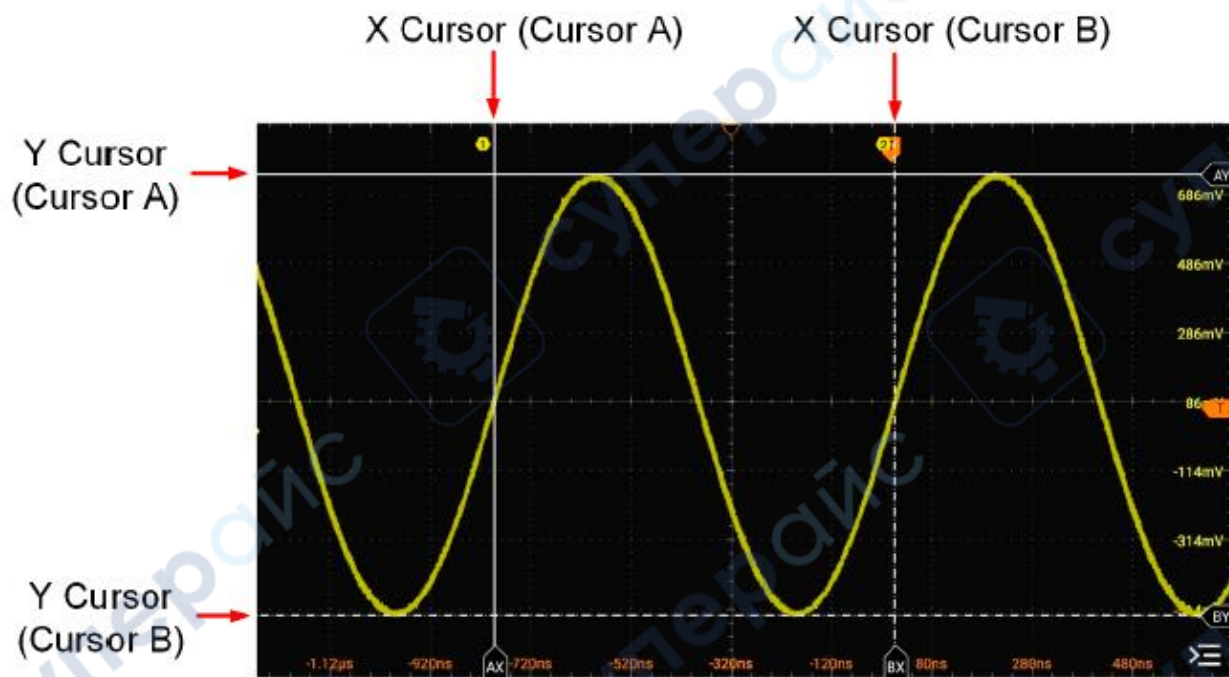
Примечание

Для работы функции автоматической настройки формы сигнала необходимо выполнение следующих условий: частота сигнала должна быть не менее 35 Гц; амплитуда сигнала должна быть не менее 10 мВ.

Если указанные условия не выполняются, функция автоматической настройки формы сигнала может работать некорректно или быть недоступной.

9.7 Курсорные измерения

Курсоры позволяют измерять координаты по оси X (например, время) и Y (например, напряжение). Перед измерением обеспечьте устойчивое отображение входного сигнала.



Курсоры

X Cursor (Курсор X)

Курсор X представляет собой вертикальную сплошную/пунктирную линию, используемую для выполнения горизонтальных измерений. Он может использоваться для измерения: времени (с); частоты (Гц).

- Cursor A — вертикальная сплошная линия (AX отображается в нижней части экрана).
- Cursor B — вертикальная пунктирная линия (BX отображается в нижней части экрана).
- В режиме курсоров XY курсор X используется для измерения амплитуды формы сигнала источника X.

Y Cursor (Курсор Y)

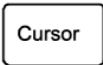
Курсор Y представляет собой горизонтальную сплошную/пунктирную линию, используемую для выполнения вертикальных измерений. Он может использоваться для измерения амплитуды (единица измерения совпадает с единицей амплитуды исходного канала).

- Cursor A — горизонтальная сплошная линия (AY отображается в правой части экрана).
- Cursor B — горизонтальная пунктирная линия (BY отображается в правой части экрана).
- В режиме курсоров XY курсор Y используется для измерения амплитуды формы сигнала источника Y.

Включить курсорные измерения можно следующими способами:

• Нажмите или коснитесь значка навигации функций  → **Cursors** для включения курсорных измерений.

• Нажмите или коснитесь кнопки **Cursors** на панели инструментов для включения курсорных измерений.

• Нажмите клавишу  на передней панели прибора для включения курсорных измерений.

Результаты измерений отображаются в строке «Result» в правой части экрана.



- AX: Указывает значение X в положении курсора A.
- AY: Указывает значение Y в положении курсора A.
- BX: Указывает значение X в положении курсора B.
- BY: Указывает значение Y в положении курсора B.
- ΔX: Указывает горизонтальный интервал между курсорами A и B.
- ΔY: Указывает вертикальный интервал между курсорами A и B.
- 1/ΔX: Указывает величину, обратную горизонтальному интервалу между курсорами A и B.

Нажмите или коснитесь строки результатов, затем во всплывающем окне выберите **Remove** или **Setting**.

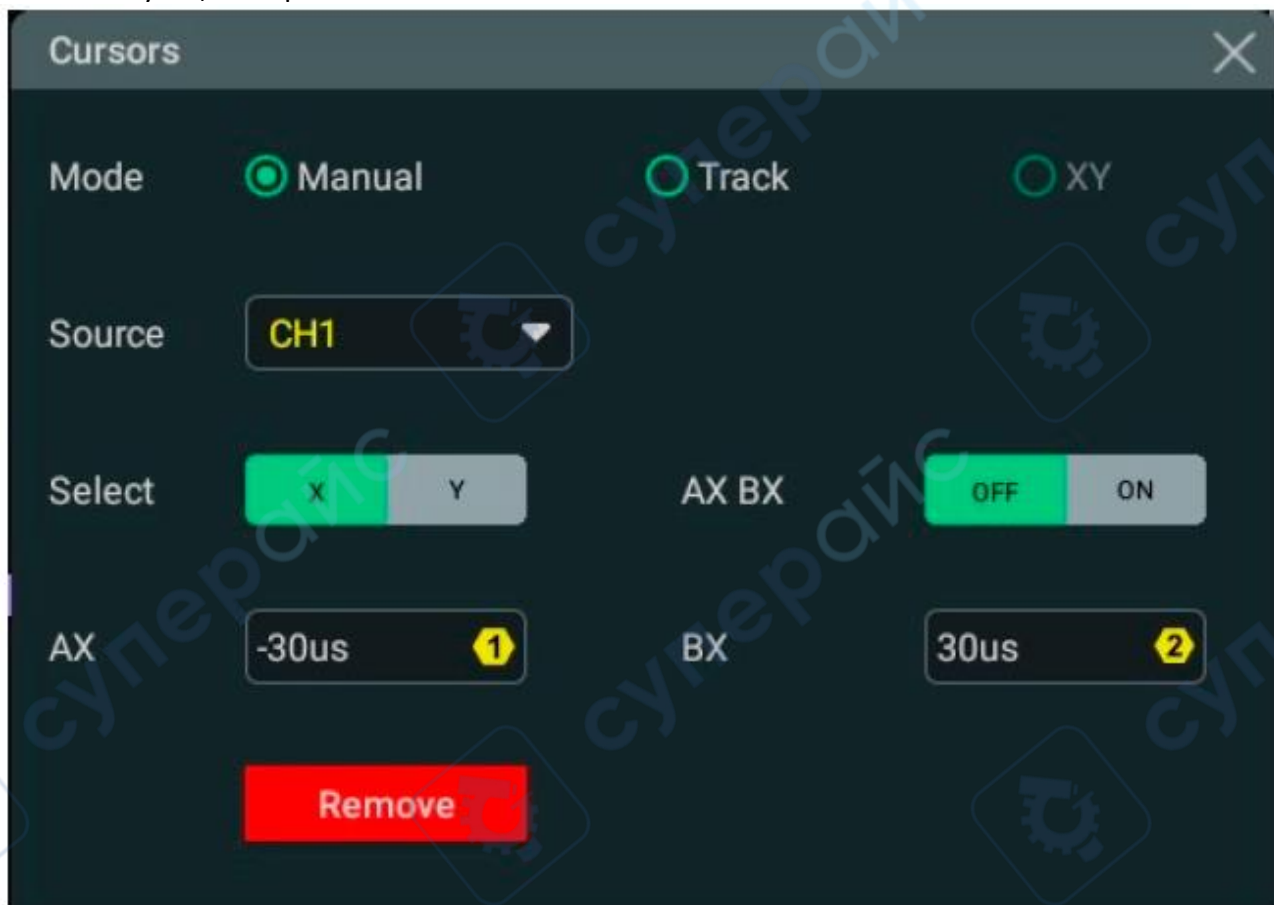
• Нажмите или коснитесь **Remove**. Текущие результаты курсорных измерений будут удалены.

• Нажмите или коснитесь **Setting**. Отобразится меню «Cursors». В данном меню можно выбрать режим курсоров: Manual; Track; XY.

9.7.1 Ручной режим — Manual

В режиме ручного управления курсорами можно вручную изменять положение курсора для измерения значения формы сигнала выбранного источника в текущем положении курсора. Если настройки таких параметров, как тип курсора и источник измерения, отличаются, результаты курсорных измерений также будут различаться.

В меню **Cursors** нажмите или коснитесь **Manual** в пункте **Mode** для включения ручного режима курсорных измерений. Результаты измерений отображаются в списке Result в правой части экрана. При изменении положения курсора результаты измерений изменяются соответствующим образом.



Меню ручного режима

Source: None, CH1–CH8 или Math1–Math4; выбранный источник автоматически включается.

Select:

Нажмите или коснитесь переключателя **Select** для выбора значения «X» или «Y».

- X: Представляет собой пару вертикальных линий: сплошная линия (Cursor A) и пунктирная линия (Cursor B), используемых для измерения временных параметров. Результаты измерения включают: AX; BX; ΔX; 1/ΔX.

- Y: Представляет собой пару горизонтальных линий: сплошная линия (Cursor A) и пунктирная линия (Cursor B), используемых для измерения параметров напряжения. Результаты измерения включают: AY; BY; ΔY.

Настройка положения курсора

1. При выборе «X» можно настроить положение X-курсора.

- Нажмите или коснитесь поля ввода **AX** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки горизонтального положения курсора A (X-курсора). Горизонтальная ось отображает время, а единица измерения установленного значения совпадает с единицей измерения горизонтальной шкалы. Диапазон настройки ограничен областью экрана.

- Нажмите или коснитесь поля ввода **BX** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки горизонтального положения курсора В (Х-курсора). Горизонтальная ось отображает время, а единица измерения установленного значения совпадает с единицей измерения горизонтальной шкалы. Диапазон настройки ограничен областью экрана.

- Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **AX BX**, чтобы включить или отключить одновременную настройку горизонтального положения курсоров А и В (Х-курсоров). Горизонтальный интервал между курсорами А и В (Х-курсорами) при этом остаётся неизменным.

2. При выборе «Y» можно настроить положение Y-курсора.

- Нажмите или коснитесь поля ввода **AY**, затем используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки вертикального положения курсора А (Y-курсора). Вертикальная ось отображает напряжение, а единица измерения установленного значения совпадает с единицей измерения вертикальной шкалы.

- Нажмите или коснитесь поля ввода **BY** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки вертикального положения курсора В (Y-курсора). Вертикальная ось отображает напряжение, а единица измерения установленного значения совпадает с единицей измерения вертикальной шкалы.

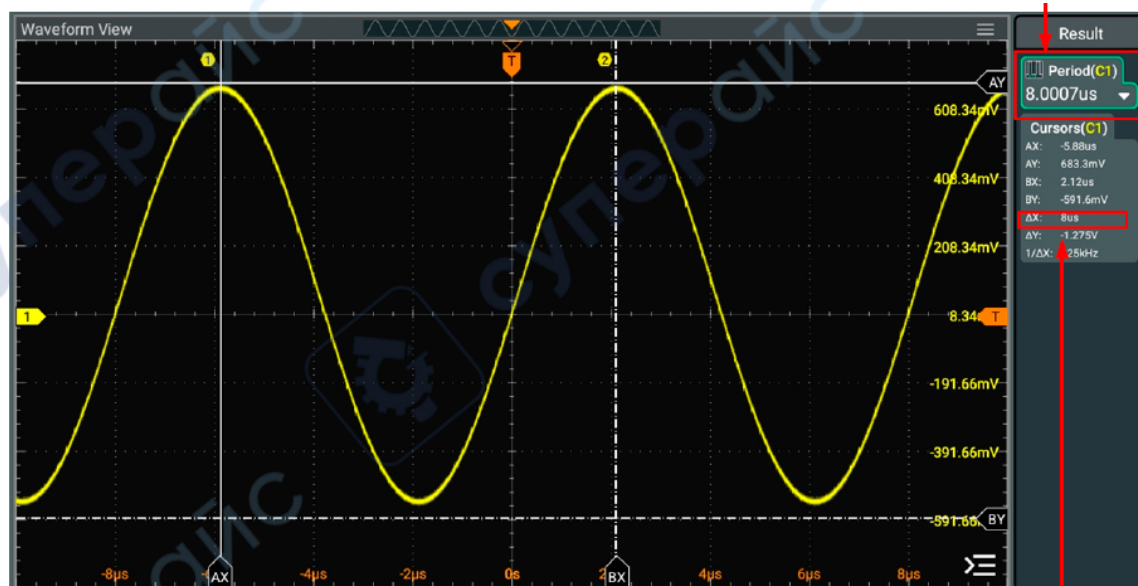
- Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **AY BY**, чтобы включить или отключить одновременную настройку вертикального положения курсоров А и В (Y-курсоров). Вертикальный интервал между курсорами А и В (Y-курсорами) при этом остаётся неизменным.

Также для настройки положения курсора можно использовать назначенный многофункциональный регулятор.

Пример измерения

Измерение периода синусоидального сигнала с использованием ручного курсорного измерения и автоматического измерения. Результаты обоих методов измерения составляют 8 мкс.

Автоматическое измерение



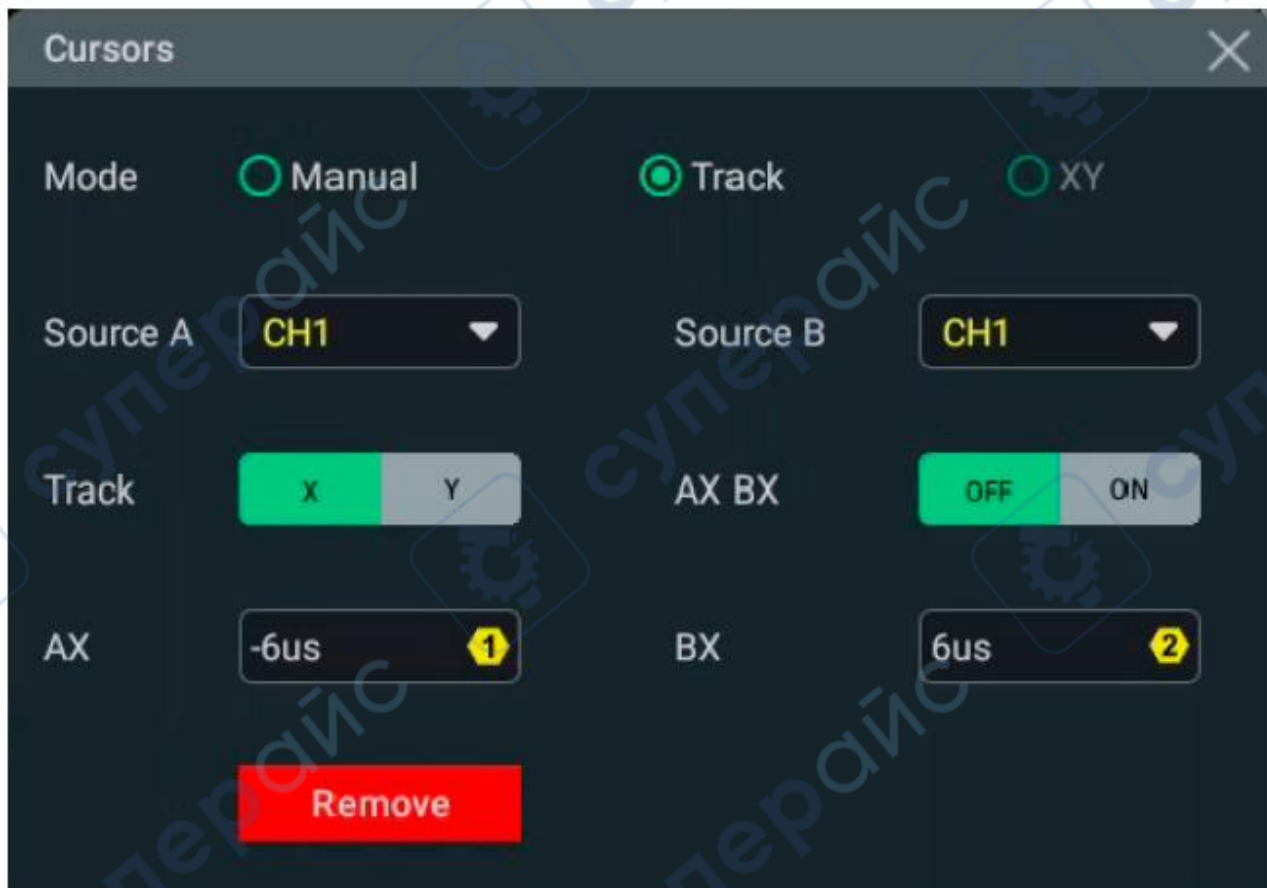
Курсорное измерение

Пример ручного курсорного измерения

9.7.2 Режим слежения — Track

В режиме Track можно настроить две пары курсоров (Cursor A и Cursor B) для измерения значений X и Y на двух различных источниках соответственно. При горизонтальном/вертикальном перемещении курсоров маркеры автоматически устанавливаются на форме сигнала. При горизонтальном/вертикальном увеличении или сжатии формы сигнала маркеры будут отслеживать точки, отмеченные при последней настройке положения курсоров.

В меню **Cursors** нажмите или коснитесь **Track** в пункте **Mode** для включения функции курсорных измерений в режиме отслеживания. Результаты измерений отображаются в списке «Result» в правой части экрана.



Меню режима Track

Выбор источника измерения

- Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Source A** для выбора требуемого канала: None, CH1–CH8 или Math1–Math4.
- Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Source B** для выбора требуемого канала: None, CH1–CH8 или Math1–Math4.

Если выбран указанный канал в качестве источника, данный канал автоматически включается.

Выбор режима отслеживания

Нажмите или коснитесь значения «X» или «Y» в разделе **Track** для выбора текущей оси отслеживания. Значение по умолчанию — «X».

- **X:** При настройке положения X-курсора Y-курсоры автоматически отслеживают точку пересечения между X-курсором и сигналом источника.
- **Y:** При настройке положения Y-курсора X-курсоры автоматически отслеживают точку пересечения между Y-курсором и сигналом источника.

Настройка положения курсора

- При выборе «X» можно настроить положение X-курсора:
 - Нажмите или коснитесь поля ввода **AX** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки горизонтального положения курсора A (X-курсора). Диапазон настройки ограничен областью экрана.
 - Нажмите или коснитесь поля ввода **BX** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки горизонтального положения курсора B (X-курсора). Диапазон настройки ограничен областью экрана.
 - Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **AX BX**, чтобы включить или отключить одновременную настройку горизонтального положения курсоров A и B (X-курсоров). Горизонтальный интервал между курсорами A и B остаётся неизменным.
 - При выборе «Y» можно настроить положение Y-курсора:
 - Нажмите или коснитесь поля ввода **AY**, затем используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки вертикального положения курсора A (Y-курсора).
 - Нажмите или коснитесь поля ввода **BY** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки вертикального положения курсора B (Y-курсора).
 - Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **AY BY**, чтобы включить или отключить одновременную настройку вертикального положения курсоров A и B (Y-курсоров). Вертикальный интервал между курсорами A и B остаётся неизменным.
- Также для настройки положения курсора можно использовать назначенный многофункциональный регулятор.

Пример измерения

Установите: **Source A** — CH1; **Source B** — CH2; **Track** — «X».

При настройке положения курсора AX курсор AY автоматически отслеживает точку пересечения между курсором AX и сигналом источника (CH1). При настройке положения курсора BX курсор BY автоматически отслеживает точку пересечения между курсором BX и сигналом источника (CH2). Результаты измерений отображаются в списке Result, как показано на рисунке. После этого выполните горизонтальное увеличение формы сигнала. Можно увидеть, что курсор будет отслеживать ранее отмеченную точку, как показано на рисунке.



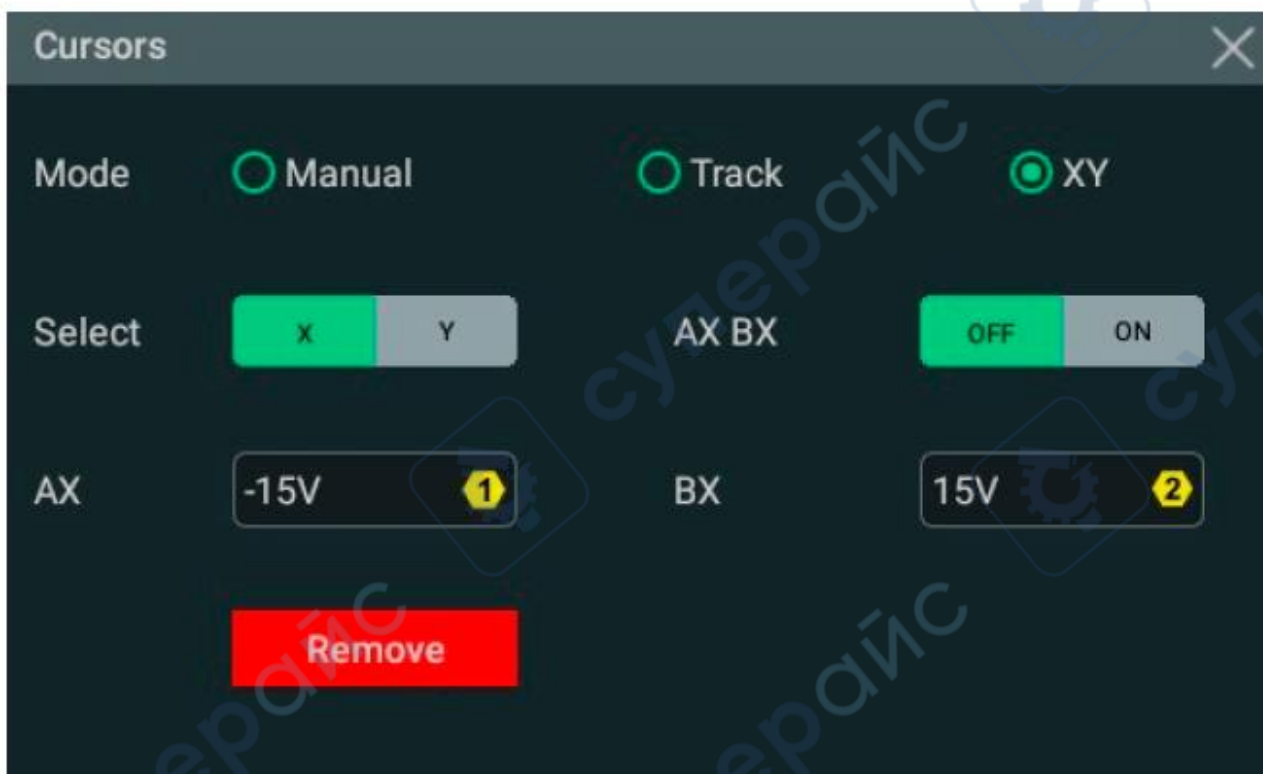
Track до горизонтального расширения



Track после горизонтального расширения

9.7.3 Режим XY

В меню **Cursors** нажмите или коснитесь **XY** в пункте **Mode** для включения курсорных измерений в режиме XY. Результаты измерений отображаются в списке Result в правой части экрана.



Меню настройки режима XY

Примечание

По умолчанию режим XY недоступен. Он становится доступным только при установке режима горизонтальной временной базы «XY».

Настройка положения курсора

- Нажмите или коснитесь вкладки «X» в пункте **Select** для выбора X-курсов.
 - Нажмите или коснитесь поля ввода **AX** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки значения X в положении курсора A.
 - Нажмите или коснитесь поля ввода **BX** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки значения X в положении курсора B.
 - Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **AX BX**, чтобы включить или отключить одновременную настройку значения X курсора A и значения X курсора B.
- Нажмите или коснитесь значения «Y» в пункте **Select** для выбора Y-курсов.
 - Нажмите или коснитесь поля ввода **AY** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки значения Y в положении курсора A.
 - Нажмите или коснитесь поля ввода **BY** и используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки значения Y в положении курсора B.
 - Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **AY BY**, чтобы включить или отключить одновременную настройку значения Y курсора A и значения Y курсора B.

Также для настройки положения курсора можно использовать назначенный многофункциональный регулятор

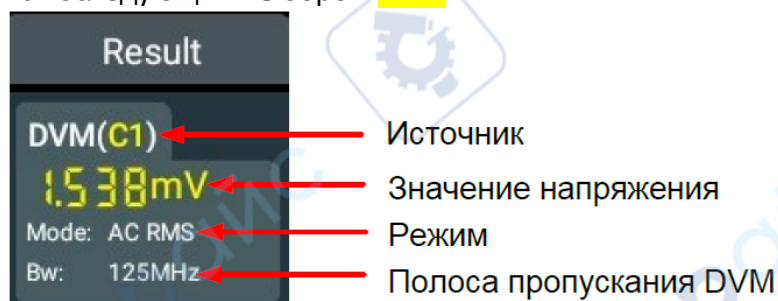
10 Цифровой вольтметр (DVM) и частотомер

Осциллограф имеет встроенные цифровой вольтметр и частотомер для более точных измерений напряжения, частоты, периода и количества событий.

10.1 Цифровой вольтметр (DVM)

Встроенный DVM выполняет 4-разрядное измерение напряжения на любом аналоговом канале. Измерения DVM выполняются асинхронно относительно системы захвата осциллографа и продолжаются постоянно.

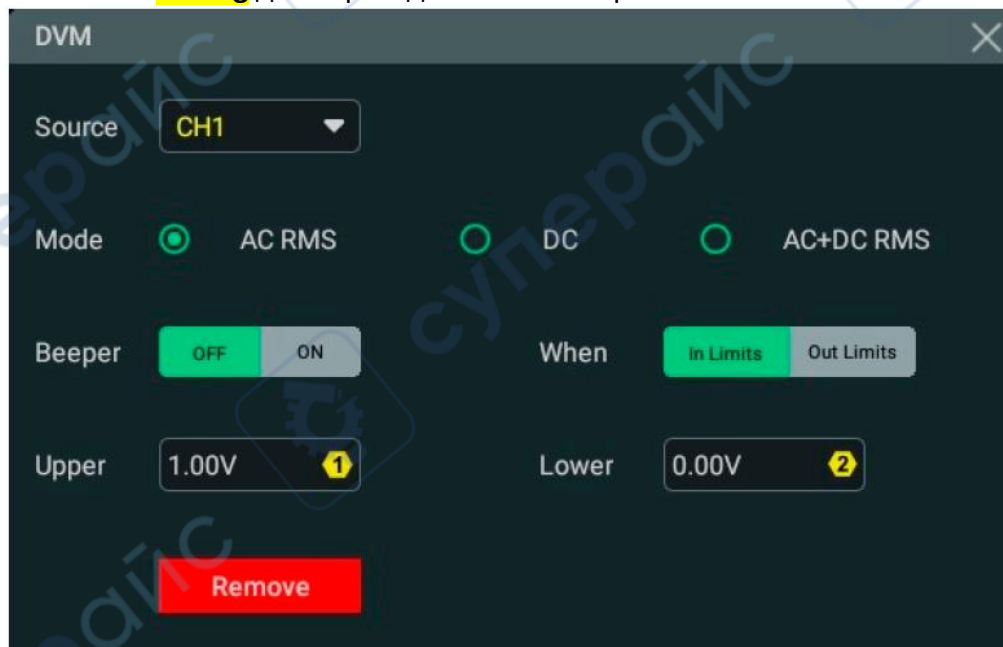
Включение:  > **DVM**, кнопка **DVM** на панели инструментов либо аппаратная клавиша **Analyse** с последующим выбором **DVM**.



После включения в панели Result отображается метка DVM с текущим значением напряжения, режимом и полосой DVM. Значение также отражает экстремумы за последние 3 с. Нажмите метку и выберите **Setting** для настройки или **Remove** для выхода.

10.1.1 Настройки измерения

После включения измерения DVM список результатов DVM отображается в правой части экрана. Нажмите или коснитесь списка результатов, после чего отобразятся подменю. Нажмите или коснитесь **Setting** для перехода в меню настройки DVM.



Меню DVM

Source: выберите аналоговый канал CH1–CH8. DVM может измерять канал даже если его осциллограмма не включена.

Mode:

- AC RMS — среднеквадратическое значение с исключенной постоянной составляющей;
- DC — среднее значение захваченных данных;
- AC+DC RMS — полное среднеквадратическое значение.

Limits: переключатель **Beeper** включает звуковой сигнал по условию:

После включения функции можно настроить условие срабатывания звукового сигнала (When): In Limits; Out Limits.

- Настройка условий пределов

Нажмите или коснитесь для выбора значения «In Limits» или «Out Limits» в пункте **When**.

- In Limits: Если значение напряжения находится в пределах установленных ограничений, можно включить или отключить подачу звукового сигнала.

- Out Limits: Если значение напряжения выходит за пределы установленных ограничений, можно включить или отключить подачу звукового сигнала.

- Настройка верхнего/нижнего предела

- Нажмите или коснитесь поля ввода **Upper**, затем используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки верхнего предела напряжения либо используйте назначенный многофункциональный регулятор для установки значения.

- Нажмите или коснитесь поля ввода **Lower**, затем используйте всплывающую цифровую клавиатуру для установки нижнего предела напряжения либо используйте назначенный многофункциональный регулятор для установки значения.

Диапазон настройки верхнего предела: от 1 nV до 500 V. Значение по умолчанию: 1 V.

Диапазон настройки нижнего предела: от -500 V до 990,00 mV. Значение по умолчанию:

0 V.

10.1.2 Удаление измерения

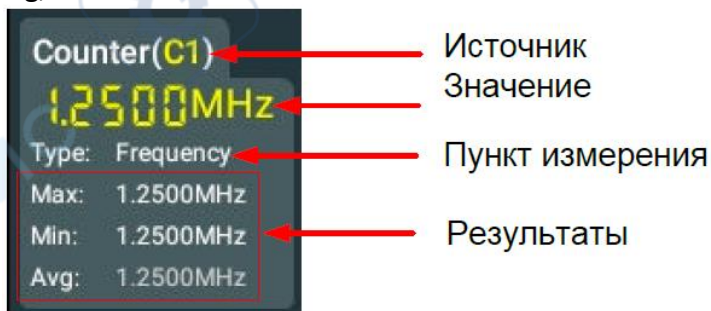
В меню метки DVM либо в меню настроек нажмите **Remove**. Результаты удаляются, функция DVM отключается.

10.2 Частотомер

Частотомер выполняет измерения частоты, периода или количества фронтов на выбранном источнике.

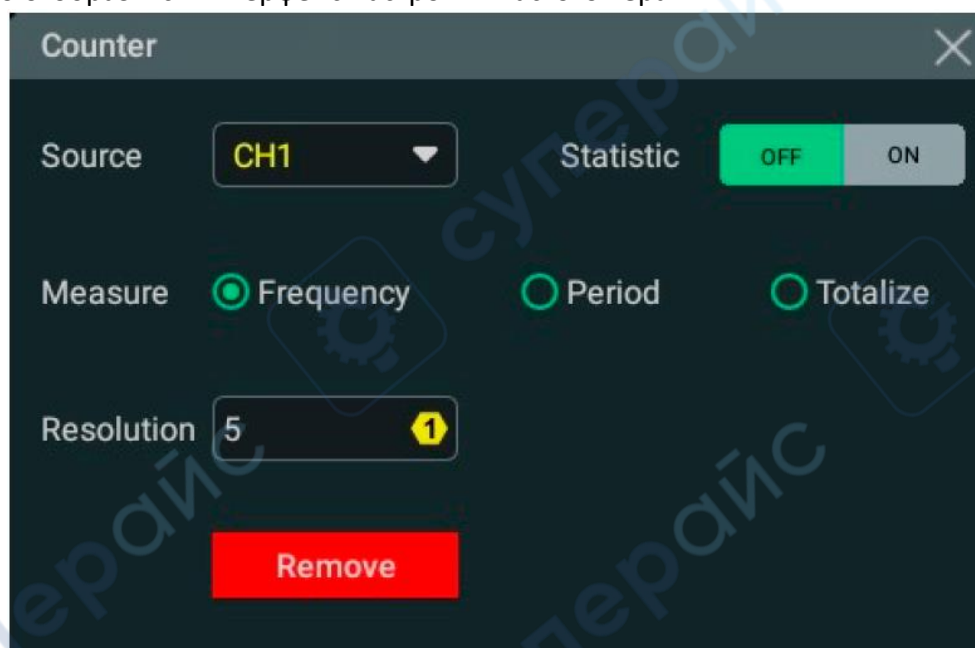
Включение:  > **Counter**, кнопка **Counter** на панели инструментов либо **Counter** с передней панели.  >

После включения в панели Result появляется метка Counter. В ее контекстном меню доступны Reset Stat, Setting, Remove.



10.2.1 Настройки измерения

После включения частотомера список результатов измерения частоты отображается в правой части экрана. Нажмите или коснитесь списка результатов, затем выберите **Setting**. После этого отобразится интерфейс настройки частотомера.



Меню частотомера

Source: аналоговый канал, цифровой канал или EXT — в зависимости от возможностей модели.

Measure:

- Frequency — частота;
- Period — период;
- Totalize — количество событий фронта сигнала.

Resolution: для Frequency и Period задайте разрешение 3–6 разрядов; по умолчанию 4. Чем выше разрешение, тем больше время счета и продолжительность измерения.

Clear Count: при Totalize сбрасывает счетчик и начинает подсчет заново.

Remove: отключает частотомер и закрывает его результаты и статистику.

10.2.2 Сброс статистики

Statistic включает или отключает вывод статистики частотомера. **Reset Stat.** сбрасывает накопленную статистику; команда доступна как в меню Counter, так и из контекстного меню результата.

11 Цифровые каналы — только серия МНО

В моделях МНО функция логического анализатора входит в стандартную конфигурацию и предоставляет 16 цифровых каналов, объединенных в группы D3-D0, D7-D4, D11-D8, D15-D12.

Для каждого отсчета прибор сравнивает входное напряжение с установленным логическим порогом: выше порога — логическая 1, иначе — логический 0. Полученные уровни отображаются графически.

LA

Открытие меню LA: аппаратная клавиша **LA** либо метка L внизу экрана.

Перед использованием цифровых каналов подключите активный логический пробник PLA3204, приобретаемый отдельно, к осциллографу и исследуемому устройству. Порядок применения пробника приведен в руководстве PLA3204.

11.1 Основные настройки

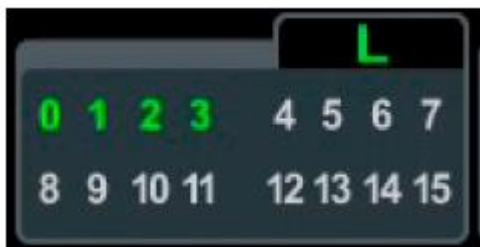
На вкладке **Basic Settings** можно включить или отключить указанный цифровой канал, задать метку канала и установить пороговый уровень для канала.



Вкладка Basic Settings логического анализатора

11.1.1 Включение/отключение цифровых каналов

Функция LA позволяет включать или отключать все каналы указанной группы, а также включать или отключать каждый отдельный цифровой канал. Метка цифрового канала в нижней части экрана отображает состояние включения/выключения цифрового канала. Каналы, обозначенные серым цветом, отключены. Каналы, обозначенные зелёным цветом, включены.



- Каждый канал D0–D15 включается отдельно переключателем рядом с каналом.
- Группа D15–D12, D11–D8, D7–D4 или D3–D0 включается/отключается общим переключателем группы.
- После группового переключения отдельный канал группы все равно можно изменить независимо.
- Серые обозначения каналов означают OFF, зеленые — ON.
- Чтобы быстро отключить все активные цифровые каналы, перетащите метку цифрового канала вниз.

11.1.2 Метки каналов

По умолчанию прибор назначает цифровым каналам метки D0–D15 соответственно для 16 цифровых каналов. Для каждого цифрового канала можно задать пользовательскую метку, чтобы различать каналы и соответствующие им входные сигналы.

Включение или отключение отображения меток

Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра Channel Label, чтобы отобразить или скрыть метки каналов указанной группы. Если функция включена, метки каналов выбранной группы будут отображаться в крайней левой части области отображения формы сигнала.

Использование предустановленных меток

В данном осциллографе предусмотрены предустановленные названия распространенных типов сигналов для меток каналов, включая: ACK; ADO; ADDR; BIT; CAS; CLK; DATA. Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки поля имени указанной метки канала, чтобы выбрать предустановленную метку для канала.

Настройка пользовательской метки

Чтобы задать пользовательскую метку канала, выберите пункт **User** из раскрывающегося списка. После этого можно использовать всплывающую цифровую клавиатуру для установки метки канала. По умолчанию используются D0–D15. Для каждой группы можно включить/отключить вывод меток.

Предустановленные метки включают ACK, ADO, ADDR, BIT, CAS, CLK, DATA. Для пользовательского имени выберите User и введите метку с экранной клавиатуры.

11.1.3 Выбор цифрового канала

Нажмите метку или осциллограмму включенного канала. По умолчанию цифровые осциллограммы зеленые; выбранная отображается красным.

Примечание. Выбрать можно только включенный цифровой канал.

11.1.4 Порог логического уровня

Осциллограф серии МНО позволяет задавать пороговый уровень для каждой группы цифровых каналов. Пороговые уровни для четырех групп цифровых каналов: D15–D12; D11–D8; D7–D4; D3–D0 устанавливаются независимо друг от друга.

Если напряжение входного сигнала превышает текущее установленное пороговое значение, оно распознаётся как логическая «1»; в противном случае — как логический «0».

Использование предустановленного порогового уровня

Для удобства работы система содержит предустановленные пороговые уровни для распространённых типов сигналов, включая: TTL (1,4 В); CMOS5.0 (2,5 В); CMOS3.3 (1,65 В); CMOS2.5 (1,25 В); CMOS1.8 (0,9 В); ECL (–1,3 В); PECL (3,7 В); LVDS (1,2 В).

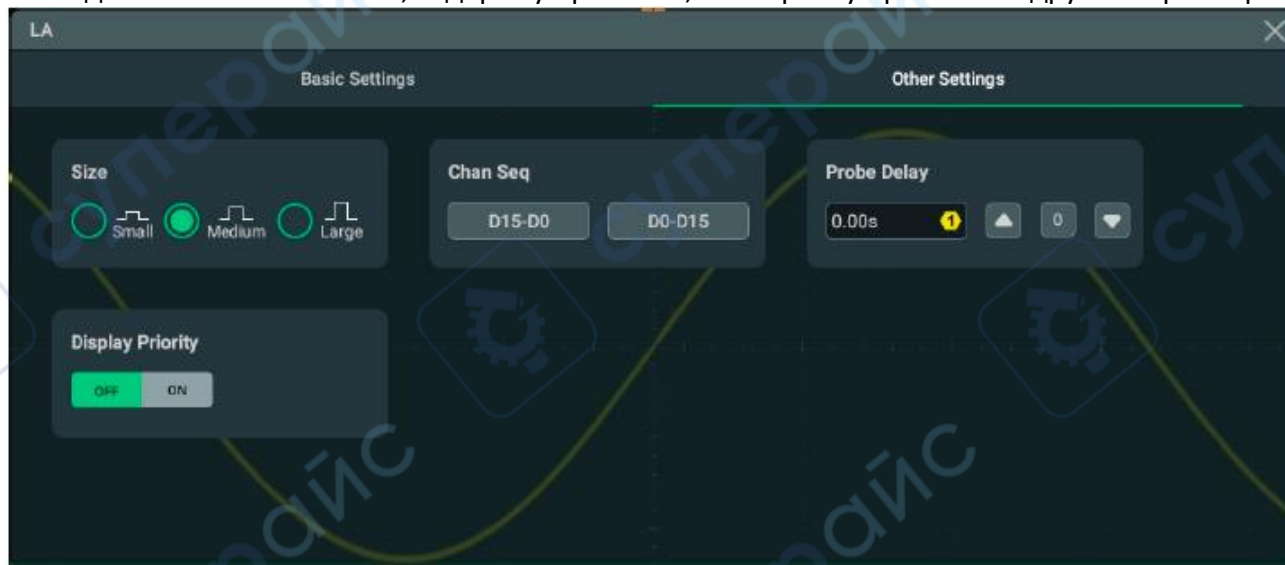
Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Thres** для выбора требуемого предустановленного порогового уровня для группы каналов.

Настройка пользовательского порогового уровня

Для установки пользовательского порогового уровня канала нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Thres** и выберите «User». Затем задайте значение порогового уровня с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Диапазон настройки порогового уровня: от –15 В до 15 В.

11.2 Дополнительные настройки

На вкладке **Other Settings** можно настроить размер формы сигнала цифровых каналов, последовательность каналов, задержку пробника, калибровку пробника и другие параметры.



Вкладка Other Settings

11.2.1 Размер осциллограмм

Данный осциллограф позволяет задавать размер формы сигнала для цифровых каналов. Если требуется наблюдать несколько форм сигналов цифровых каналов, можно установить размер формы сигнала на один из следующих уровней: Small — малый; Medium — средний; Large — большой. Это позволяет повысить удобство наблюдения отображаемых сигналов.

Примечание

Режим Large доступен только в том случае, если количество одновременно включённых цифровых каналов меньше или равно 8.

11.2.2 Последовательность каналов

Можно настроить последовательность отображения форм сигналов для включённых каналов в соответствии с требуемым порядком.

- D0–D15: Формы сигналов каналов D0–D15 отображаются на экране последовательно в области отображения формы сигнала.

- D15–D0: Формы сигналов каналов D15–D0 отображаются на экране последовательно в области отображения формы сигнала.

Также можно перетащить форму сигнала указанного цифрового канала в требуемое положение для изменения последовательности отображения каналов.

11.2.3 Приоритет отображения

Если форма сигнала цифрового канала и форма сигнала аналогового канала перекрываются, можно включить или отключить приоритет отображения форм сигналов аналоговых и цифровых каналов.

- OFF (ВЫКЛ.): Форма сигнала аналогового канала отображается с более высоким приоритетом. Формы сигналов цифровых каналов отображаются поверх неё.

- ON (ВКЛ.): Форма сигнала цифрового канала отображается с более высоким приоритетом. Формы сигналов аналоговых каналов отображаются поверх них.

11.2.4 Приоритет отображения

Для предотвращения ошибок результатов измерений, возникающих из-за задержки передачи сигнала в кабеле пробника, на осциллографе можно настроить задержку пробника.

В интерфейсе LA нажмите или коснитесь вкладки **Other Settings** для перехода в интерфейс других настроек. Нажмите или коснитесь поля ввода **Probe Delay** и установите задержку пробника с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Диапазон настройки: от –200 нс до 200 нс. Значение по умолчанию: 0 с.

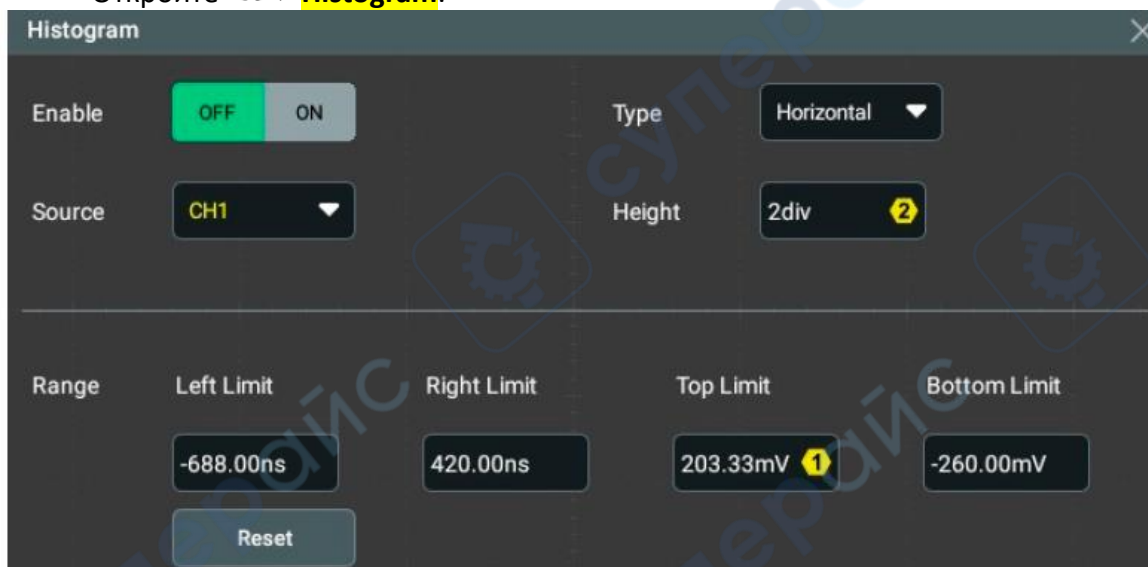
Также можно использовать кнопки со стрелками вверх/вниз для регулировки задержки пробника.

Если настройка задержки пробника не требуется, можно непосредственно нажать или коснуться значения 0 для сброса параметра к нулевому значению.

12 Анализ гистограмм

Функция гистограмм предоставляет статистическое представление осциллограмм или результатов измерения и помогает выявлять тенденции и аномалии. Поддерживаются горизонтальная, вертикальная и измерительная гистограммы.

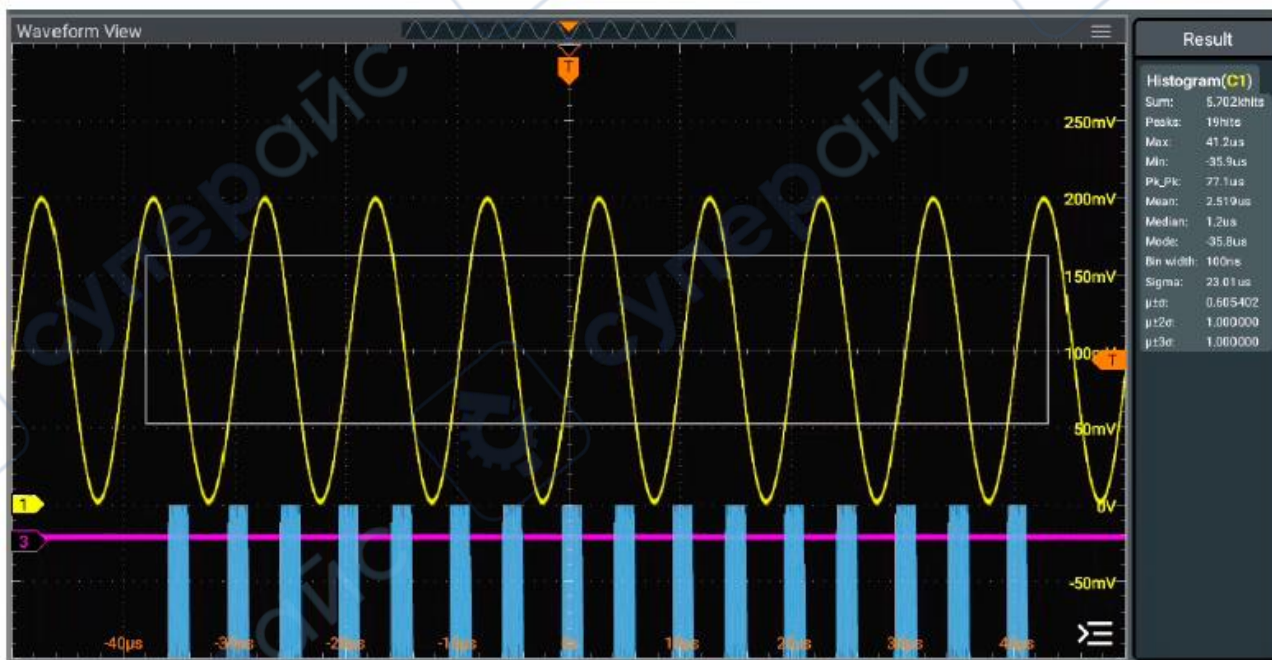
Откройте  > **Histogram**.



Меню Histogram

12.1 Включение/отключение

Переключатель **Enable** включает или отключает анализ. Во время продолжающегося захвата высота столбцов изменяется в соответствии с числом попаданий данных в заданные интервалы. Результаты отображаются в панели Result.



Интерфейс анализа гистограммы

Для перехода к настройкам нажмите результат гистограммы и выберите Setting.

12.2 Тип гистограммы

В меню настройки «Histogram» нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Type** для выбора типа гистограммы из раскрывающегося списка.

- Horizontal — число попаданий отображается вертикальными столбцами внизу сетки.
- Vertical — число попаданий отображается горизонтальными строками слева от сетки.

12.3 Источник

В меню настройки «Histogram» нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Source** для выбора требуемого источника из раскрывающегося списка. В качестве источника гистограммы могут быть выбраны все аналоговые каналы.

12.4 Высота гистограммы

Высота гистограммы определяет количество делений сетки (div), занимаемых столбцами гистограммы.

В интерфейсе настройки Histogram нажмите или коснитесь поля ввода **Height** и установите высоту гистограммы с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Диапазон настройки высоты гистограммы: от 1 div до 4 div. Значение по умолчанию: 2 div. Height — высота области гистограммы в делениях: 1–4 div; по умолчанию 2 div.

12.5 Диапазон гистограммы

Если для типа гистограммы установлено значение Vertical или Horizontal, необходимо задать диапазон гистограммы. Установите параметры: Left Limit; Right Limit; Top Limit; Bottom Limit; для регулировки размера и положения гистограммы.

Нажмите или коснитесь поля ввода соответствующего ограничения и задайте значение предела гистограммы с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода соответствующего ограничения, для установки значения. Кроме того, можно непосредственно перетаскивать левую, правую, верхнюю или нижнюю границу белого окна гистограммы для регулировки положения и размера гистограммы.

Примечание

Изменение параметров горизонтальной временной базы и вертикального масштаба не влияет на диапазон гистограммы, а только изменяет её отображение в соответствии с изменением масштаба.

12.6 Результаты анализа

После включения функции Histogram результат гистограммы отображается в списке «Result» в правой части экрана. Результаты измерения включают следующие параметры:

- Sum: Указывает сумму всех бинов (интервалов) гистограммы.
- Peaks: Указывает максимальное количество попаданий (hits) в одном отдельном бине.
- Max: Указывает значение, соответствующее максимальному бину, в котором имеются попадания.
- Min: Указывает значение, соответствующее минимальному бину, в котором имеются попадания.
- Pk_Pk: Указывает разность (Δ) между максимальным и минимальным значениями.
- Mean: Указывает среднее значение гистограммы.
- Median: Указывает медианное значение гистограммы.
- Mode: Указывает модальное значение гистограммы.

- Bin width: Указывает ширину каждого бина (интервала) гистограммы.
- Sigma: Указывает стандартное отклонение гистограммы.
- $\mu \pm \sigma$: Указывает долю количества частот или количества попаданий гистограммы, находящихся в пределах одного стандартного отклонения от среднего значения, относительно общего количества попаданий гистограммы. μ обозначает среднее значение в нормальном распределении. Это среднее арифметическое значений. σ обозначает стандартное отклонение в нормальном распределении.
- $\mu \pm 2\sigma$: Указывает долю количества частот или количества попаданий гистограммы, находящихся в пределах двух стандартных отклонений от среднего значения, относительно общего количества попаданий гистограммы. μ обозначает среднее значение в нормальном распределении. Это среднее арифметическое значений. σ обозначает стандартное отклонение в нормальном распределении.
- $\mu \pm 3\sigma$: Указывает долю количества частот или количества попаданий гистограммы, находящихся в пределах трёх стандартных отклонений от среднего значения, относительно общего количества попаданий гистограммы. μ обозначает среднее значение в нормальном распределении. Это среднее арифметическое значений. σ обозначает стандартное отклонение в нормальном распределении.

12.7 Удаление измерения

- Нажмите или коснитесь списка результатов гистограммы, после чего отобразятся подменю функции Histogram. Нажмите или коснитесь **Remove**, чтобы удалить результаты измерений, закрыть список результатов гистограммы и выйти из функции Histogram.
- Нажмите или коснитесь списка результатов и перетащите его вправо, затем отпустите для удаления результатов измерений и выхода из функции Histogram.

12.8 Очистка статистики

Нажмите результат гистограммы и выберите **Clear**.

13 Генератор функций/произвольных форм — только МНО5054/МНО5104

При использовании дополнительной конфигурации со встроенным двухканальным генератором функций/произвольных сигналов 50 МГц осциллографы серий МНО5054 и МНО5104 объединяют в одном приборе генератор функций/произвольных сигналов и осциллограф. Это обеспечивает удобство для инженеров, которым требуется одновременно использовать генератор функций/произвольных сигналов и осциллограф. В данной главе описывается использование дополнительной функции встроенного генератора функций/произвольных сигналов.

Для включения функции AFG выполните одно из следующих действий:

- Нажмите клавишу **GI** или **GII** на передней панели для включения канала GI или GII, затем перейдите в соответствующий интерфейс настройки.
- Нажмите или коснитесь метки GI или GII в нижней части экрана для перехода в соответствующий интерфейс настройки AFG.

Состояние включения/выключения указанного канала AFG отображается цветом его метки: при включённом состоянии метка выделяется оранжевым цветом и содержит информацию о выходном сигнале; при выключенном состоянии метка отображается серым цветом.



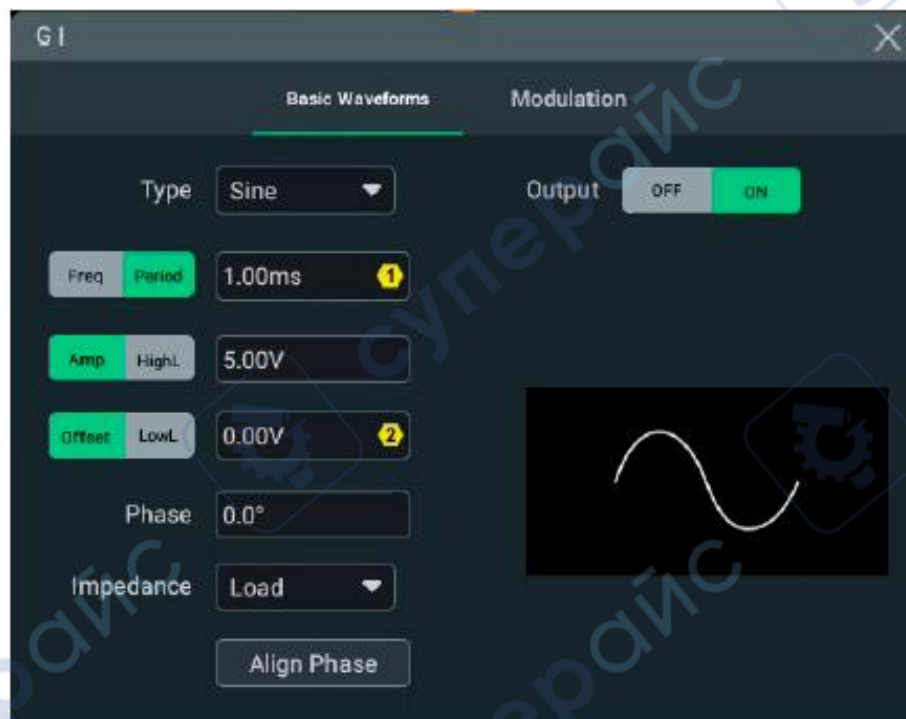
Для отключения функции AFG:

Нажмите клавишу **GI** или **GII** на передней панели для отключения канала GI или GII.

Также можно выполнить одно из следующих действий:

- нажать или коснуться включённой метки GI или GII в нижней части экрана для выхода из соответствующего интерфейса AFG;
- перетащить метку включённого канала AFG вниз для отключения канала AFG и выхода из соответствующего интерфейса AFG.

13.1 Вывод базовых сигналов



Меню AFG

Каналы GI и GII могут одновременно формировать сигналы разных типов и настраиваются независимо.

Поддерживаются:

- стандартные формы: Sine, Square, Ramp, Pulse, Noise;
- встроенные формы: DC, Sinc, Exp.Rise, Exp.Fall, ECG1, Gauss, Lorentz, Haversine.

После настройки установите **Output** = ON. Сигнал выводится через соответствующий разъем AFG на передней панели.

13.1.1 Sine

На вкладке Basic Waveforms нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Type** и выберите «Sine». После этого можно выполнить настройку параметров синусоидального сигнала.

Настройка частоты/периода (Frequency/Period)

Нажмите или коснитесь поля ввода **Freq/Period** и установите частоту или период текущего синусоидального сигнала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения. Различные формы сигналов имеют разные диапазоны настройки частоты или периода (обратная величина частоты).

Диапазоны:

- Sine: от 1 мГц до 50 МГц;
- Square/Pulse: от 1 мГц до 30 МГц;
- Ramp: от 1 мГц до 2 МГц;
- DC и Noise: параметр частоты отсутствует.

Настройка амплитуды (Amplitude)

Нажмите или коснитесь поля ввода **Amp** и установите амплитуду текущего синусоидального сигнала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения.

Диапазон амплитуды синусоидального сигнала:

- от 2 мВpp до 10 Вpp (1 МОм);
- от 1 мВpp до 5 Вpp (50 Ом).

Настройка смещения (Offset)

Нажмите или коснитесь поля ввода Offset и установите смещение текущего синусоидального сигнала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения.

Диапазон смещения:

- -9 В до 9 В (1 МОм);
- -4,5 В до 4,5 В (50 Ом).

Настройка высокого/низкого уровня (High/Low Level)

При настройке амплитуды и смещения выходного сигнала также можно нажать или коснуться для выбора **HighL** или **LowL** и установить высокий и низкий уровни выходного сигнала.

Зависимости параметров:

Амплитуда = (Высокий уровень – Низкий уровень) / 2

Смещение = (Высокий уровень + Низкий уровень) / 2

Диапазон высокого уровня: от -2,5 В до +10 В. Значение по умолчанию: 1 В.

Диапазон низкого уровня: от -10 В до +2,5 В. Значение по умолчанию: -1 В.

Настройка начальной фазы (Start Phase)

Нажмите или коснитесь поля ввода **Phase** и установите начальную фазу с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения. Диапазон настройки начальной фазы: от 0° до 360°. Значение по умолчанию: 0°.

Выравнивание фазы (Align Phase)

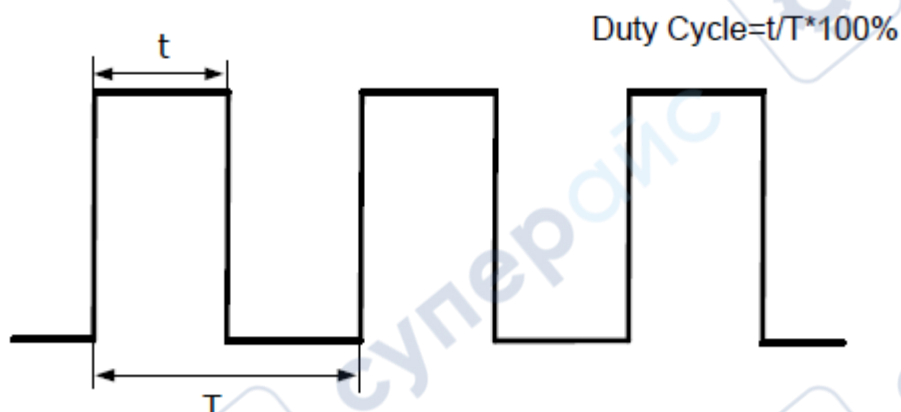
Нажмите или коснитесь **Align Phase**, чтобы повторно настроить два канала для вывода сигналов в соответствии с установленными частотой и фазой. Если частоты двух сигналов одинаковы или кратны друг другу, можно использовать данный пункт меню для выравнивания их фаз.

Используйте осциллограф для захвата сигналов двух каналов и стабильного отображения их форм сигналов. После переключения состояния канала фазовое рассогласование между двумя сигналами изменяется. В этом случае нажмите или коснитесь **Align Phase**, после чего значение фазового рассогласования, отображаемое осциллографом, автоматически восстановится до текущего фазового рассогласования между двумя сигналами.

13.1.2 Square

Выберите **Type** = Square. Частота, фаза, амплитуда и смещение задаются аналогично Sine.

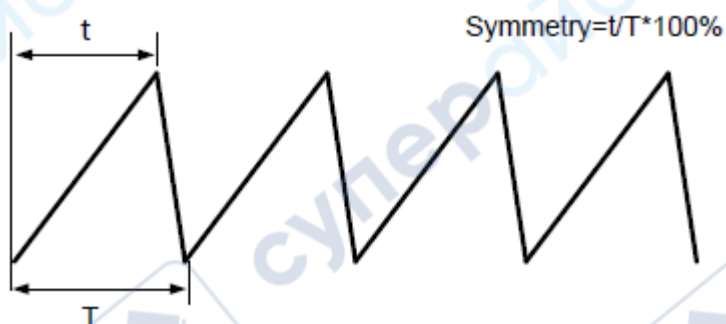
Duty — доля периода, в течение которой сигнал находится на высоком уровне: $Duty = t/T \times 100 \%$. Диапазон 1–99 %, по умолчанию 50 %.



13.1.3 Ramp

Выберите **Type** = Ramp. Частота, фаза, амплитуда и смещение задаются как для Sine.

Symm — доля периода, занимаемая нарастанием: $Symmetry = t/T \times 100\%$. Диапазон 0,1–99,9 %, по умолчанию 50 %.

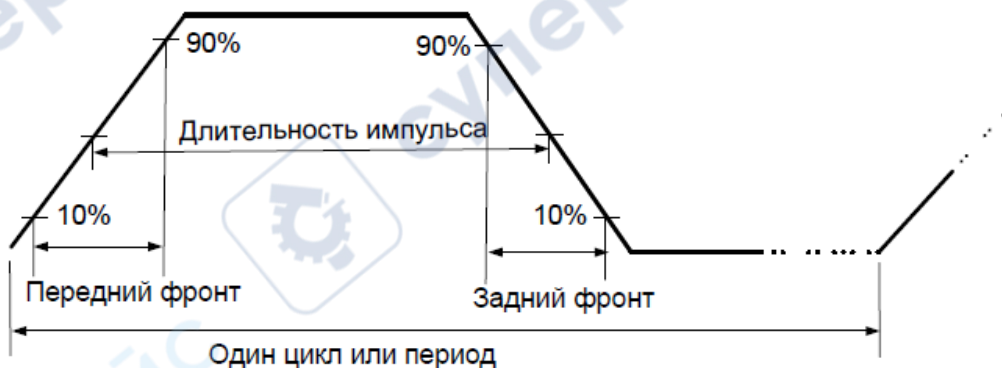


13.1.4 Pulse

Выберите **Type** = Pulse. Частота, фаза, амплитуда, смещение и коэффициент заполнения задаются аналогично описанным выше параметрам.

Время фронта определяется как интервал нарастания от 10 % до 90 %, время спада — от 90 % до 10 %.

Rise Edge (передний фронт) и Fall Edge (задний фронт): 1 пс–1 с; по умолчанию 300 пс.



13.1.5 Noise

Выберите **Type** = Noise.

- Amp: диапазон 2 мВ–2 В;
- Offset: допустимый диапазон зависит от амплитуды;

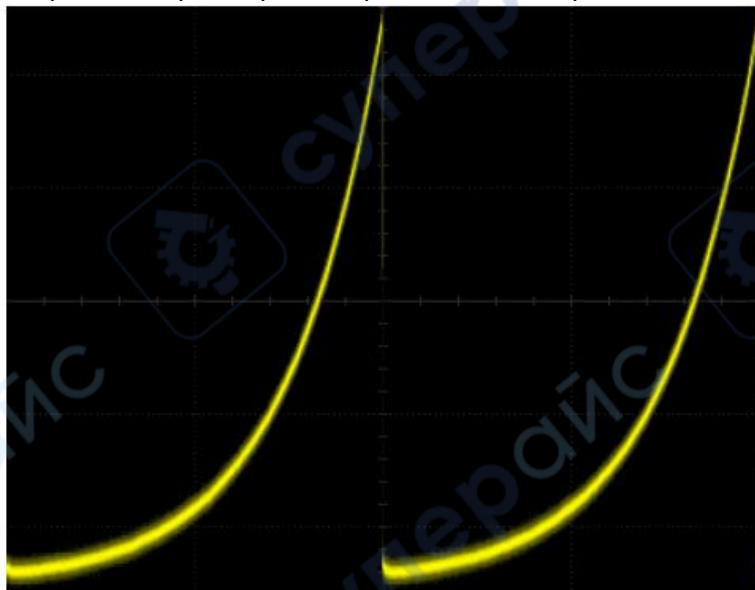
- также можно перейти к HighL/LowL и задавать уровни аналогично Sine.

13.1.6 DC

Выберите **Type** = DC. В Offset задайте уровень постоянного напряжения -10...+10 В.

13.1.7 Exp.Rise

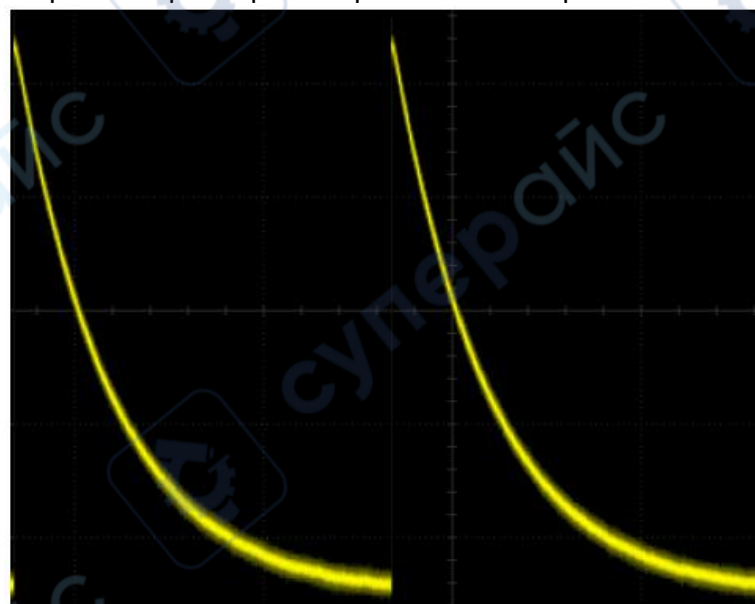
Выберите **Type** = Exp.Rise. Параметры настраиваются по правилам Sine.



Exp.Rise

13.1.8 Exp.Fall

Выберите **Type** = Exp.Fall. Параметры настраиваются по правилам Sine.



Exp.Fall

13.1.9 ECG1

Выберите **Type** = ECG1. Параметры настраиваются по правилам Sine.



ECG1

13.1.10 Gauss

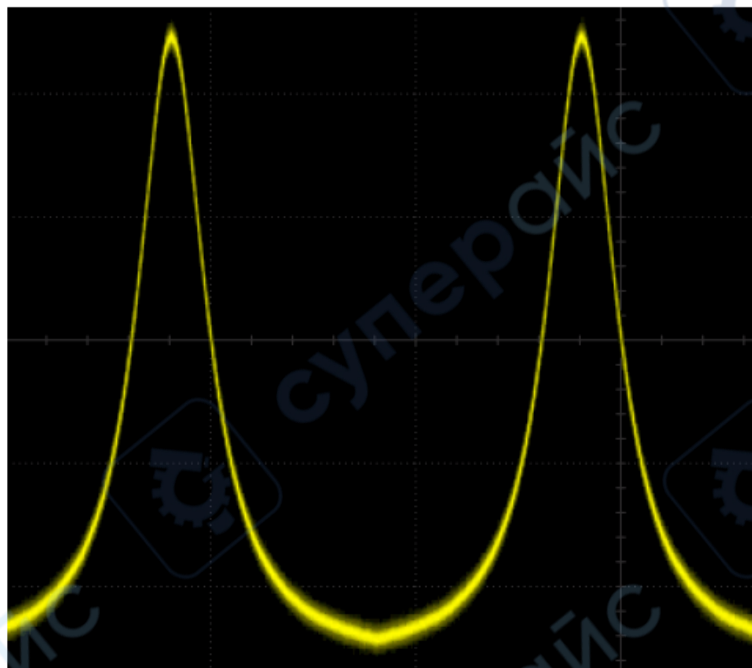
Выберите **Type** = Gauss. Параметры настраиваются по правилам Sine.



Gauss

13.1.11 Lorentz

Выберите **Type** = Lorentz. Параметры настраиваются по правилам Sine.



Lorentz

13.1.12 Haversine

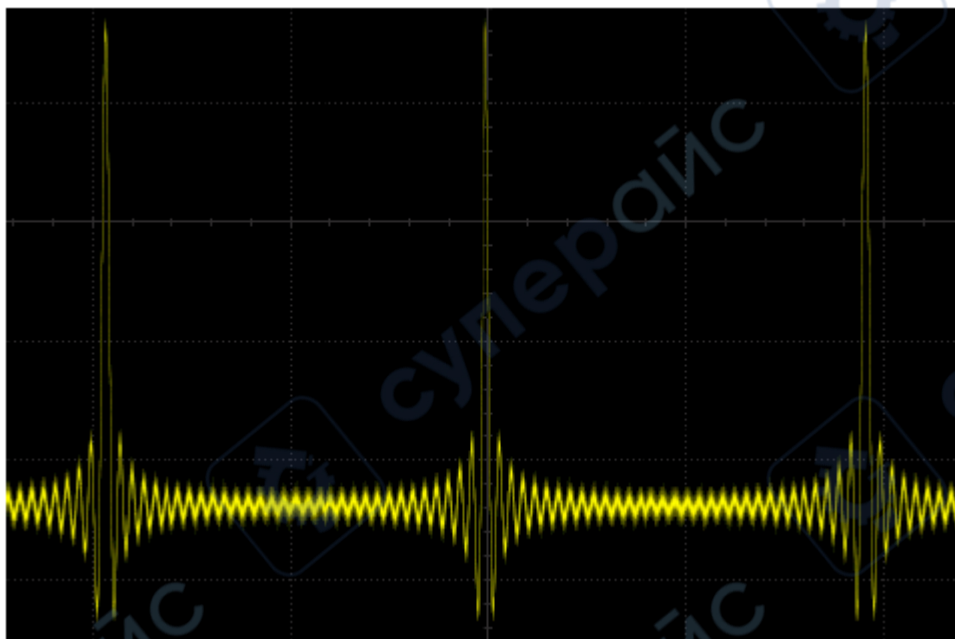
Выберите **Type** = Haversine. Параметры настраиваются по правилам Sine.



Haversine

13.1.13 Sinc

Выберите **Type** = Sinc. Параметры настраиваются по правилам Sine.

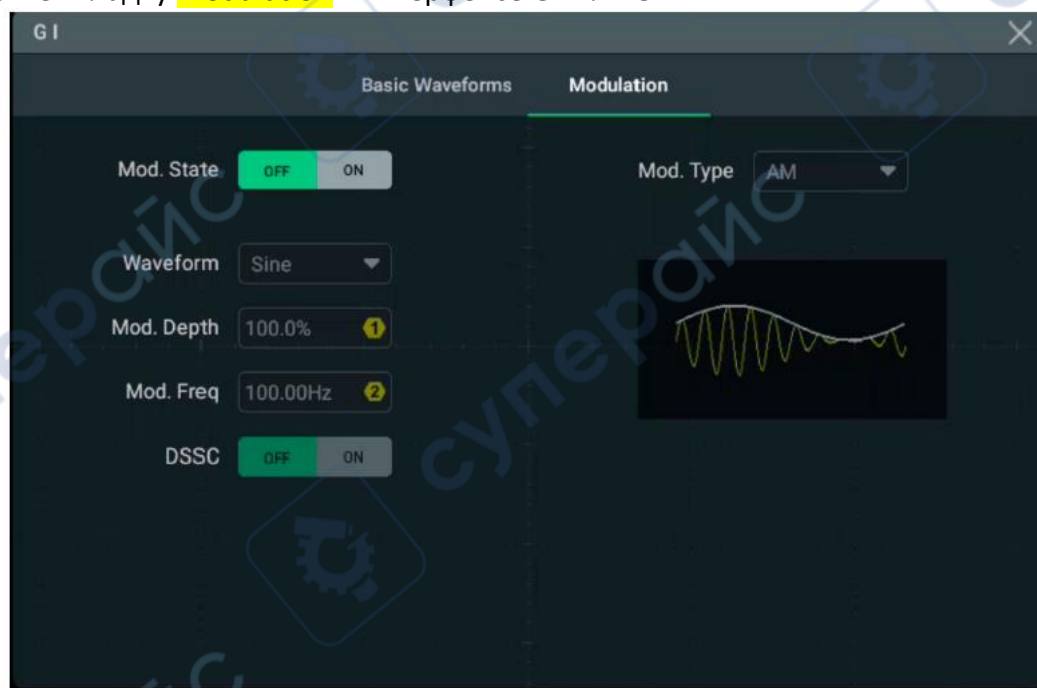


Sinc

13.2 Модуляция

Модуляция преобразует исходный модулирующий сигнал с использованием высокочастотной несущей. AFG поддерживает AM, FM и PM. Модулирующим сигналом служит встроенная форма AFG, несущей — базовая форма AFG.

Откройте вкладку **Modulation** в интерфейсе G1 или G2.



Настройки модуляции

Общий порядок:

1. В Basic Waveforms установите Output = **ON** для требуемого канала.

2. Выберите форму несущей в **Type** и настройте ее. DC, Noise и Pulse не поддерживаются как несущие; при их выборе модуляция недоступна.
3. В **Mod Type** выберите тип модуляции и настройте параметры.
4. Установите **Mod. State** = ON. Модулированный сигнал выводится через выбранный канал AFG.

13.2.1 AM — амплитудная модуляция

AM (Amplitude Modulation) — амплитудная модуляция, при которой амплитуда несущего сигнала изменяется в соответствии с амплитудой модулирующего сигнала, как показано на рисунке ниже.



AM

Выбор типа модуляции

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Mod. Type** и выберите «AM».

Выбор модулирующей формы сигнала

Прибор использует встроенный сигнал для выполнения модуляции формы сигнала. Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Waveform** для выбора модулирующей формы сигнала.

Доступны следующие типы форм сигналов:

- Sine — синусоидальный сигнал;
- Square with 50% duty cycle — прямоугольный сигнал со скважностью 50%;
- Triangle with 50% symmetry — треугольный сигнал с симметрией 50%;
- with 100% symmetry — возрастающая пилообразная форма сигнала с симметрией 100%;
- DnRamp with 0% symmetry — нисходящая пилообразная форма сигнала с симметрией 0%;
- Noise - white gaussian noise — шум (белый гауссовский шум).

Настройка глубины модуляции

Глубина модуляции представляет собой процентное значение, характеризующее изменение амплитуды. Нажмите или коснитесь поля ввода **Mod. Depth** и установите глубину модуляции с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения. Диапазон настройки глубины модуляции: от 0% до 120%. Значение по умолчанию: 100%.

- При глубине модуляции 0% выходная амплитуда составляет половину амплитуды несущей формы сигнала.
- При глубине модуляции 100% амплитуда соответствует установленному значению амплитуды несущего сигнала.
- При глубине модуляции более 100% выходная амплитуда прибора не превышает 10 В_{pp}.

Настройка частоты модуляции

Если выбрана модулирующая форма сигнала, отличная от Noise, можно настроить частоту модуляции. Нажмите или коснитесь поля ввода **Mod. Freq** и установите частоту модуляции с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения. Диапазон настройки частоты AM: от 2 мГц до 1 МГц.

Включение выхода модулированного сигнала

Нажмите или коснитесь значения ON для параметра **Mod. State**, чтобы включить функцию модуляции. В интерфейсе Basic Waveforms нажмите или коснитесь значения ON для параметра **Output**, чтобы включить вывод сигнала.

После этого модулированная форма сигнала будет выводиться с указанного разъёма AFG в соответствии с установленными параметрами.

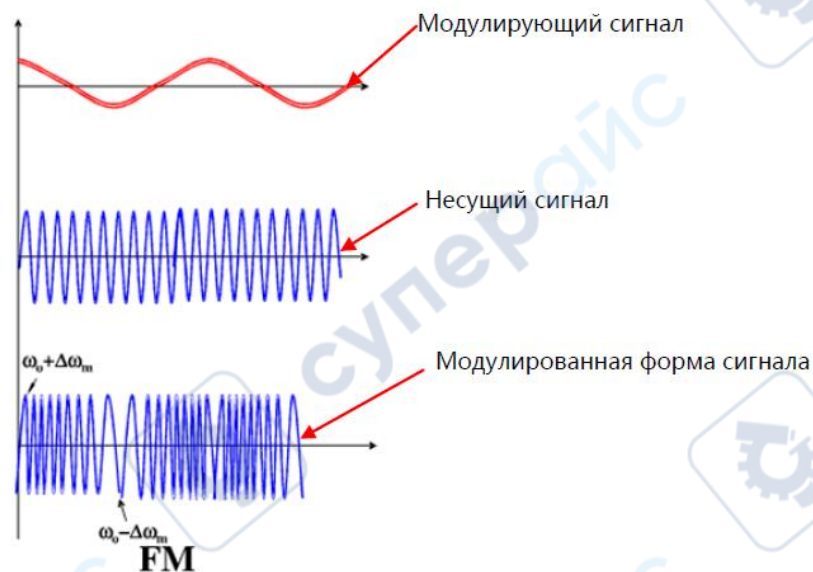
DSSC

Нажмите или коснитесь значения ON для параметра DSSC, чтобы включить функцию **DSSC**.

Данная функция позволяет удалить составляющие несущего сигнала из выходного сигнала, повысить эффективность использования полосы пропускания и увеличить эффективность передачи мощности.

13.2.2 FM — частотная модуляция

FM (Frequency Modulation) — частотная модуляция, при которой частота несущей формы сигнала изменяется в соответствии с напряжением модулирующей формы сигнала.



FM

Выбор типа модуляции

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Mod. Type** и выберите «FM».

Выбор модулирующей формы сигнала

Прибор использует встроенный сигнал для выполнения модуляции формы сигнала. Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки Waveform для выбора модулирующей формы сигнала.

Доступны следующие типы форм сигналов:

- Sine — синусоидальный сигнал;
- Square with 50% duty cycle — прямоугольный сигнал со скважностью 50%;
- Triangle with 50% symmetry — треугольный сигнал с симметрией 50%;
- UpRamp with 100% symmetry — возрастающая пилообразная форма сигнала с симметрией 100%;
- DnRamp with 0% symmetry — нисходящая пилообразная форма сигнала с симметрией 0%;
- Noise - white gaussian noise — шум (белый гауссовский шум).

Настройка девиации частоты

Данный параметр определяет максимальное изменение частоты модулированной формы сигнала относительно частоты несущего сигнала. Нажмите или коснитесь поля ввода **Deviation** и установите девиацию частоты с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения. Диапазон настройки девиации частоты FM: от 2 мГц до текущей частоты несущей формы сигнала.

Примечание

Сумма девиации частоты и частоты несущего сигнала должна быть меньше или равна максимальной частоте выбранного несущего сигнала.

Настройка частоты модуляции

Если выбрана модулирующая форма сигнала, отличная от Noise, можно настроить частоту модуляции. Нажмите или коснитесь поля ввода **Mod. Freq** и установите частоту модуляции с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать

назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения. Диапазон настройки частоты FM: от 2 мГц до 1 МГц.

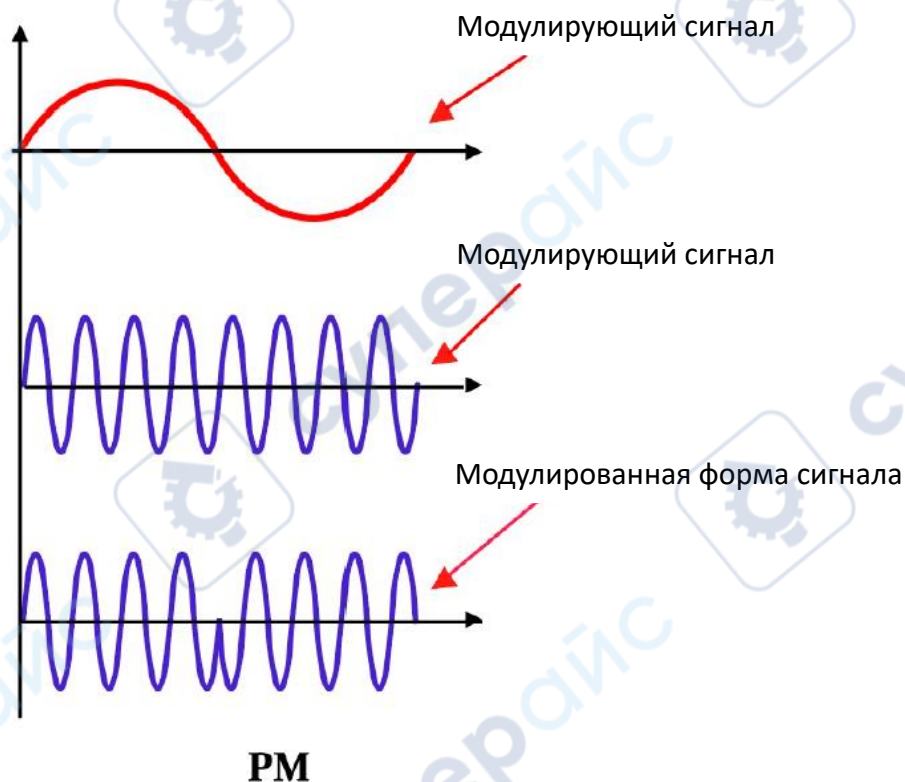
Включение выхода модулированного сигнала

Нажмите или коснитесь значения ON для параметра **Mod. State**, чтобы включить функцию модуляции. В интерфейсе Basic Waveforms нажмите или коснитесь значения ON для параметра Output, чтобы включить вывод формы сигнала.

После этого модулированная форма сигнала будет выводиться с указанного разъёма AFG в соответствии с установленными параметрами.

13.2.3 PM — фазовая модуляция

PM (Phase Modulation) — фазовая модуляция, при которой фаза несущей формы сигнала изменяется в соответствии с напряжением модулирующей формы сигнала.



Выбор типа модуляции

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Mod. Type** и выберите «PM».

Выбор модулирующей формы сигнала

Прибор использует встроенный сигнал для выполнения модуляции формы сигнала. Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Waveform** для выбора модулирующей формы сигнала.

Доступны следующие типы форм сигналов:

- Sine — синусоидальный сигнал;
- Square with 50% duty cycle — прямоугольный сигнал со скважностью 50%;
- Triangle with 50% symmetry — треугольный сигнал с симметрией 50%;
- UpRamp with 100% symmetry — возрастающая пилообразная форма сигнала с симметрией 100%;

- DnRamp with 0% symmetry — нисходящая пилообразная форма сигнала с симметрией 0%;

- Noise - white gaussian noise — шум (белый гауссовский шум).

Настройка девиации фазы

Девиация фазы определяет максимальное изменение фазы модулированной формы сигнала относительно фазы несущей формы сигнала. Нажмите или коснитесь поля ввода **Phase Dev** и установите девиацию фазы с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения. Диапазон настройки девиации фазы: от 0° до 360°. Значение по умолчанию: 90°.

Настройка частоты модуляции

Если выбрана модулирующая форма сигнала, отличная от Noise, можно настроить частоту модуляции. Нажмите или коснитесь поля ввода **Mod. Freq** и установите частоту модуляции с помощью всплывающей цифровой клавиатуры.

Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения. Диапазон настройки частоты РМ: от 2 мГц до 1 МГц.

Включение выхода модулированного сигнала

Нажмите или коснитесь значения ON для параметра **Mod. State**, чтобы включить функцию модуляции. В интерфейсе Basic Waveforms нажмите или коснитесь значения ON для параметра **Output**, чтобы включить вывод формы сигнала. После этого модулированная форма сигнала будет выводиться с указанного разъёма AFG в соответствии с установленными параметрами.

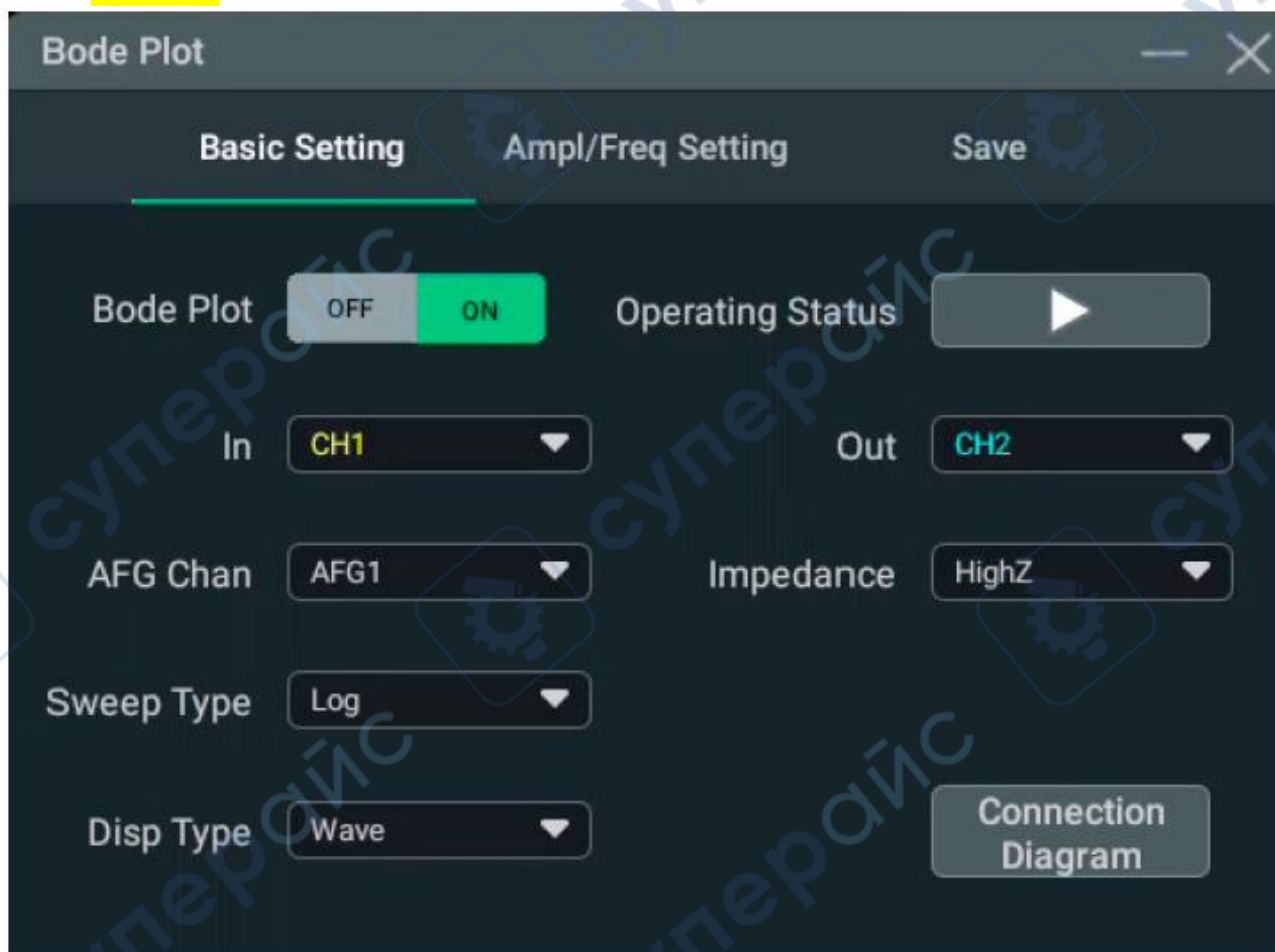
14 Диаграмма Бode — только МНО5054/МНО5104

Диаграмма Бode графически показывает частотную характеристику системы. В цепях обратной связи импульсных источников питания и операционных усилителей она отображает изменение коэффициента усиления и фазы с частотой и позволяет оценивать запасы по усилению и фазе и устойчивость системы.

Встроенный генератор формирует сигнал развертки заданного диапазона, подаваемый на исследуемую цепь; осциллограф строит зависимости усиления и фазы от частоты. Откройте

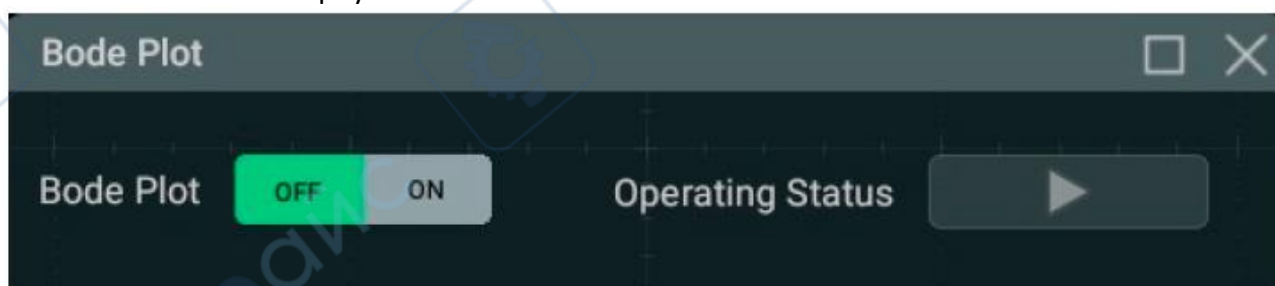


> **Bode Plot.**



Меню Bode Plot

Окно можно свернуть кнопкой  в заголовке.



Свернутое окно Bode Plot

Примечание. Функция предназначена для проверки отклика базовых устройств, например усилителей, и не предназначена для цепей с высоким уровнем шума.

14.1 Основные настройки

На вкладке **Basic Setting** настраиваются включение функции, запуск/остановка построения, входной и выходной источники, тип развертки, вид отображения и схема соединения.

14.1.1 Включение/отключение

Переключатель **Bode Plot** включает или отключает функцию. При включении появляется окно диаграммы Бode.

14.1.2 Запуск/остановка построения

Когда функция Bode Plot включена, в интерфейсе Bode Plot нажмите или коснитесь кнопки  для параметра **Operating Status**, чтобы запустить анализ петли регулирования и построение диаграммы Бode на основе текущих настроек диаграммы Бode. В процессе выполнения в поле **Operating Status** отображается значок .

После завершения построения диаграммы Бode значок в меню **Operating Status** изменяется обратно на .

Чтобы остановить построение диаграммы Бode во время выполнения процесса, нажмите или коснитесь кнопки  для приостановки построения.

Примечание

После завершения тестирования диаграммы Бode интерфейс настройки Bode Plot автоматически закрывается. Чтобы снова открыть интерфейс настройки диаграммы Бode, нажмите или коснитесь кнопки  в правом верхнем углу окна Bode Plot.

14.1.3 Источник входа/выхода

- **Input Source** — канал опорного входного сигнала; частота текущей точки определяется относительно этого канала. Доступны аналоговые каналы, по умолчанию CH1.

- **Output Source** — канал, подключенный к выходу цепи обратной связи. Доступны аналоговые каналы, по умолчанию CH2.

Перед выбором источников подключите исследуемые сигналы к соответствующим аналоговым входам осциллографа.

14.1.4 Свип-сигнал

AFG Chan: канал AFG, формирующий сигнал развертки; по умолчанию AFG1.

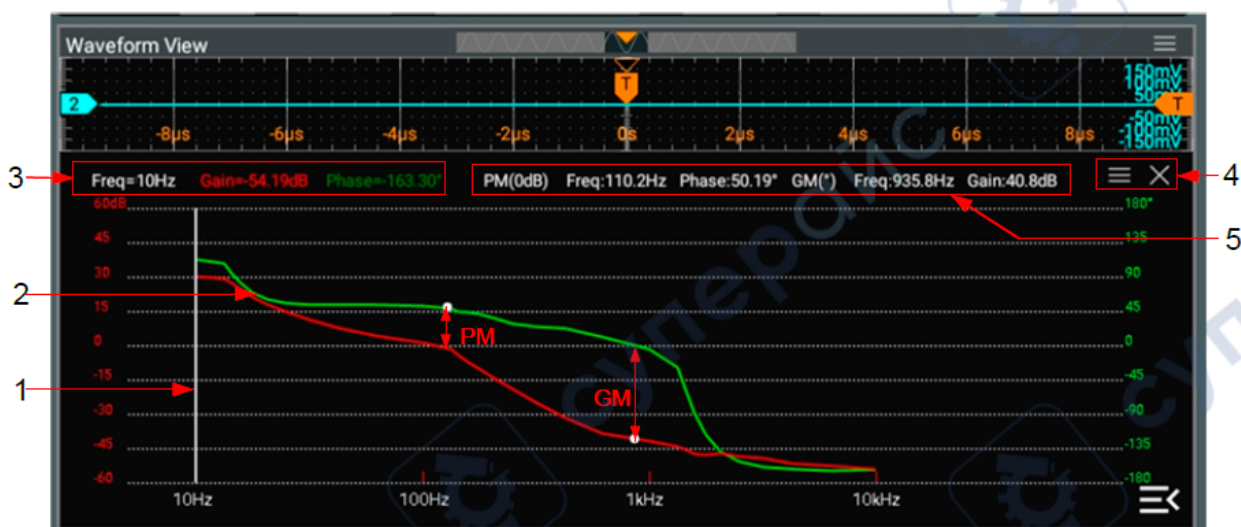
Sweep Type:

- Linear — частота синусоиды изменяется линейно со временем;
- Log — частота изменяется логарифмически.

14.1.5 Тип отображения

В **Disp Type** выберите Wave или Chart.

Wave. Ось X — частота; ось Y — усиление или фаза. Красная амплитудно-частотная кривая показывает усиление между входом и выходом; зеленая фазочастотная кривая — фазовое отклонение.



Bode Plot в виде осциллограммы

В режиме Wave:

1. Курсор: Поверните назначенный многофункциональный регулятор для перемещения курсора. Информация о положении курсора отображается в левом верхнем углу диаграммы Боде.

2. Кривые диаграммы Боде: амплитудно-частотная характеристика (кривая «амплитуда–частота», обозначена красным цветом); фазочастотная характеристика (кривая «фаза–частота», обозначена зелёным цветом).

3. Отображение информации о курсоре:

- Freq: Указывает значение по оси X в точке расположения курсора на диаграмме Боде.
- Gain: Указывает значение по оси Y в точке пересечения курсора с красной амплитудно-частотной характеристикой.
- Phase: Указывает значение по оси Y в точке пересечения курсора с зелёной фазочастотной характеристикой.

Курсор отображается в виде белой вертикальной линии в области отображения формы сигнала диаграммы Боде. Для регулировки положения курсора и просмотра информации о каждой точке поворачивайте назначенный многофункциональный регулятор.

4. Результаты запаса устойчивости (отображаются после остановки выполнения операции построения диаграммы Боде):

- PM: запас по фазе. Представляет собой разность между фазой в точке частоты, соответствующей коэффициенту усиления 0 дБ, и фазой 0°.
- GM: запас по амплитуде. Представляет собой разность между значением усиления 0 дБ и значением усиления в точке частоты, где фаза составляет 0°. Формула: $GM = 0 \text{ дБ} - \text{значение измерения усиления}$

5. Кнопка управления: Нажмите или коснитесь кнопки для открытия меню настройки диаграммы Боде. Нажмите или коснитесь кнопки для закрытия окна отображения формы сигнала диаграммы Боде и отключения функции Боде.

Отображение графика

Отображение графика диаграммы Боде показано на рисунке ниже. На графике отображаются частота, усиление и фаза для всех точек выборки. Нажмите или коснитесь

кнопки  для открытия меню настройки диаграммы Боде. Нажмите или коснитесь кнопки  для закрытия графика диаграммы Боде и отключения функции Боде.

Bode Plot   			
Index	Freq	Gain	Phase
1	100Hz	8.70dB	22.83°
2	125.89Hz	3.32dB	133.41°
3	158.48Hz	4.64dB	-35.00°
4	199.52Hz	-1.63dB	-31.39°
5	251.18Hz	-0.18dB	-33.55°
6	316.22Hz	-5.86dB	100.27°
7	398.10Hz	-9.54dB	-7.38°
8	501.18Hz	6.80dB	-150.68°
9	630.95Hz	-12.39dB	-34.44°
10	794.32Hz	-7.42dB	-128.75°
11	1kHz	6.01dB	168.11°
12	1.2589kHz	3.57dB	65.11°
13	1.5848kHz	6.96dB	-73.35°
14	1.9952kHz	-9.04dB	68.02°
15	2.5118kHz	-3.91dB	-73.77°
16	3.1622kHz	-7.34dB	179.73°
17	3.9810kHz	7.18dB	18.78°

Bode Plot в виде Chart

14.1.6 Схема соединения

Перед тестом выполните соединение контура. Откройте **Connection Diagram**. Согласно схеме подключите выход AFG осциллографа к развязывающему трансформатору, его выход —

к выводам инжекционного резистора исследуемой цепи, затем измеряйте сигналы на входе и выходе.

14.2 Настройка амплитуды и частоты

Нажмите или коснитесь вкладки **Ampl/Freq Setting** для перехода в меню настройки амплитуды и частоты. Затем задайте следующие параметры.

- **Начальная частота (Start Frequency)**

Нажмите или коснитесь поля ввода **Start Freq** и установите начальную частоту синусоидального сигнала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный многофункциональный регулятор для установки значения. Диапазон настройки: от 10 Гц до 3 МГц.

- **Конечная частота (Stop Frequency)**

Нажмите или коснитесь поля ввода **Stop Freq** и установите конечную частоту синусоидального сигнала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный многофункциональный регулятор для установки значения. Диапазон настройки конечной частоты: от 100 Гц до 30 МГц. Условие: $\text{Stop Frequency} \geq 10 \times \text{Start Frequency}$

Количество точек на декаду (Points/Decade)

Нажмите или коснитесь поля ввода **Points/Decade** для установки количества отображаемых точек на одну декаду. Также можно использовать назначенный многофункциональный регулятор для установки значения. Диапазон настройки: от 10 до 100. Значение по умолчанию: 10.

Амплитуда (Amplitude)

Нажмите или коснитесь поля ввода **Amp** для установки амплитуды напряжения синусоидального сигнала, если параметр **Var.Amp.** установлен в значение «OFF».

Переменная амплитуда (Variable Amplitude)

Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Var.Amp.**, чтобы включить или отключить функцию переменной амплитуды. После включения данной функции можно задавать амплитуду напряжения синусоидального сигнала для различных диапазонов частот.

Примечание

Конечная частота должна быть больше начальной частоты.

14.3 Сохранение и загрузка данных Bode Plot

Сохранение

1. В **Format** выберите *.csv или *.html.
2. В **File Name** задайте имя.
3. В **File Path** выберите путь через интерфейс управления дисками.
4. Нажмите **Save**.

Загрузка

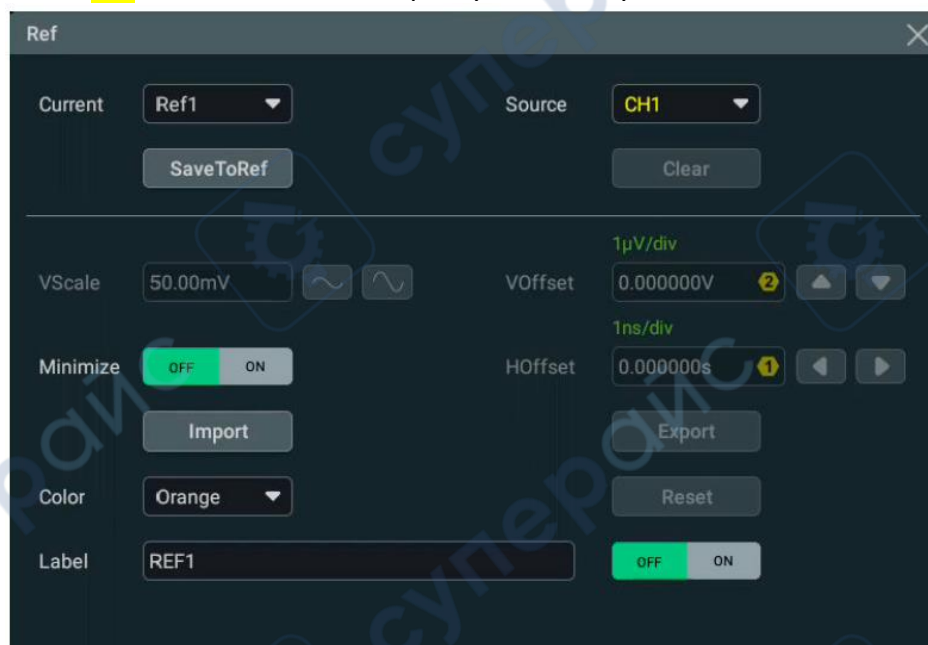
1. В **File Type** выберите *.csv.
2. В **File Path** выберите сохраненный файл.
3. Подтвердите выбор и загрузите данные для отображения.

15 Опорная осциллограмма

Осциллограф предоставляет 10 позиций опорных осциллограмм Ref1–Ref10. Они могут использоваться для сравнения текущего сигнала с эталонной формой и поиска неисправностей.

15.1 Включение функции Ref

Откройте  > **Ref** либо нажмите аппаратную клавишу .



Меню Reference Waveform

15.2 Настройка опорной осциллограммы

В меню **Ref** можно выбрать канал, который будет использоваться в качестве опорного канала, сохранить и удалить опорный сигнал.

Выбор опорного канала

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Current** для выбора канала опорной формы сигнала (Ref1–Ref10). По умолчанию включён канал Ref1.

Выбор источника опорного сигнала

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Source** для выбора требуемого источника опорной формы сигнала. Доступные источники: аналоговые каналы; цифровые каналы; Math1–Math4.

Сохранение опорной формы сигнала во внутреннюю память

Нажмите или коснитесь кнопки **SaveToRef**, чтобы сохранить отображаемую форму сигнала выбранного источника во внутреннюю память в качестве опорной формы сигнала.

⚠ ОСТОРОЖНО

Данная операция сохраняет опорную форму сигнала только в энергозависимой памяти. При выключении питания или восстановлении настроек по умолчанию форма сигнала будет удалена. Если требуется сохранить опорные формы сигналов с возможностью последующего вызова, экспортируйте форму сигнала во внутреннюю или внешнюю память.

Удаление выбранной опорной формы сигнала

Нажмите или коснитесь кнопки **Clear**, чтобы удалить выбранную опорную форму сигнала для текущего канала.

Также можно нажать или коснуться кнопки **Clear** в меню навигации функций или нажать соответствующую клавишу  на передней панели для удаления опорных форм сигналов всех опорных каналов.

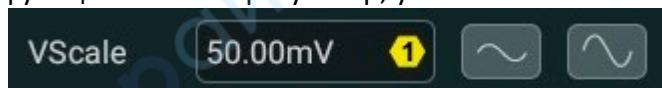
15.3 Отображение Ref

После нажатия или касания кнопки **SaveToRef** для сохранения текущего канала в качестве опорной формы сигнала можно настроить вертикальный масштаб, вертикальное смещение и горизонтальное смещение опорной формы сигнала, выбранной в параметре Current.

Настройка вертикального масштаба

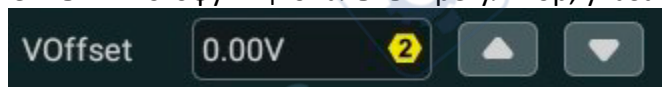
Нажмите или коснитесь поля ввода **VScale** и задайте вертикальный масштаб опорной формы сигнала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно нажать или коснуться значка  справа от поля ввода **VScale** для увеличения или уменьшения вертикального масштаба.

Кроме того, для установки значения можно использовать назначенный многофункциональный регулятор, указанный в поле ввода.



Изменение вертикального смещения

Нажмите или коснитесь поля ввода **VOffset** и задайте вертикальное смещение опорной формы сигнала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно нажать или коснуться значка  справа от поля ввода **VOffset** для увеличения или уменьшения вертикального смещения. Кроме того, для установки значения можно использовать назначенный многофункциональный регулятор, указанный в поле ввода.



Горизонтальное смещение

Нажмите или коснитесь поля ввода **HOffset** и задайте горизонтальное смещение опорной формы сигнала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно нажать или коснуться значка  справа от поля ввода **HOffset** для увеличения или уменьшения горизонтального смещения. Кроме того, для установки значения можно использовать назначенный многофункциональный регулятор, указанный в поле ввода.

Восстановление опорной формы сигнала

После выполнения операции сохранения опорной формы сигнала, если требуется восстановить её положение до последней операции **Save**: Нажмите или коснитесь кнопки **Reset**.

Настройка цвета опорной формы сигнала

Данная серия осциллографов предоставляет пять цветов для обозначения опорных форм сигналов различных каналов и их различия: серый; зелёный; светло-синий; красный; оранжевый.

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Color** для выбора цвета опорной формы сигнала соответствующего канала.

Настройка метки опорной формы сигнала

Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Label**, чтобы включить или отключить отображение метки указанной опорной формы сигнала.

Нажмите или коснитесь поля ввода **Label** и задайте метку указанной опорной формы сигнала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры.

15.4 Экспорт и импорт Ref

Экспорт

После сохранения Ref нажмите **Export**.

- **Format**: *.ref, *.bin или *.csv;
- **File Name**: имя файла;
- **File Path**: внутренняя память либо внешний USB-накопитель;
- затем **Export**.

СОВЕТ. Экспорт доступен только после сохранения опорной осциллограммы. Поддерживаются USB Flash-накопители FAT32.

Импорт

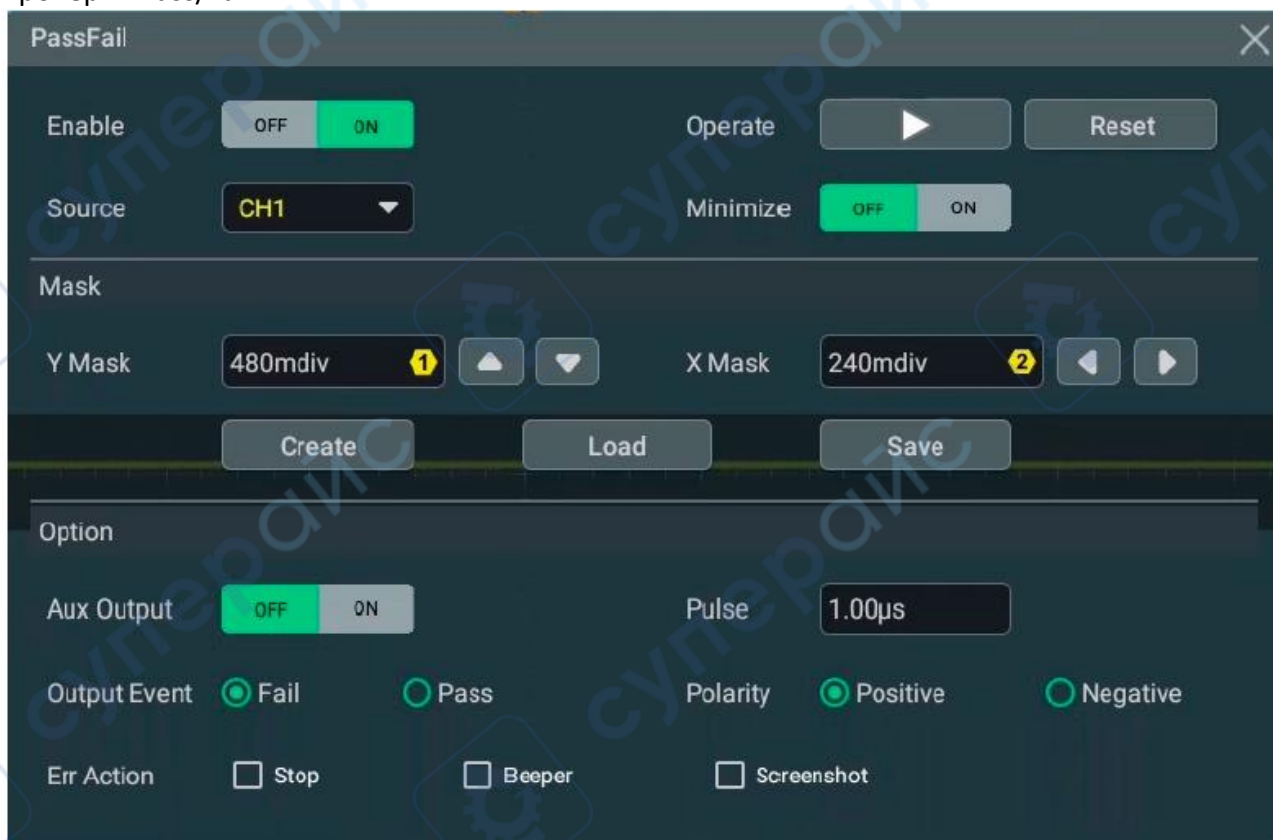
Нажмите **Import**.

- **Format**: для импорта опорной осциллограммы выберите *.ref;
- **File Path**: выберите файл во внутренней памяти или на USB-накопителе;
- нажмите **Import** для загрузки и отображения осциллограммы.

16 Тест Pass/Fail

В процессе проектирования и производства изделия обычно требуется контролировать изменения сигнала или определять соответствие изделия установленным требованиям. Функция проверки Pass/Fail в данном осциллографе позволяет эффективно выполнять такие задачи. С помощью данной функции можно задать тестовую маску на основе известных «базовых» форм сигналов, а затем сравнивать проверяемый сигнал с «базовой» формой сигнала для отображения результата проверки. При обнаружении успешного или неуспешного события можно задать действие прибора при возникновении ошибки, например: немедленную остановку; включение звукового сигнала зуммера; сохранение текущего снимка экрана.

Нажмите или коснитесь значка навигации функций  в левом нижнем углу экрана для открытия меню навигации функций. Нажмите или коснитесь пункта **Pass/Fail** для перехода в интерфейс проверки Pass/Fail. Также можно нажать соответствующую клавишу  на передней панели, затем нажать или коснуться пункта **Pass/Fail** для перехода в интерфейс проверки Pass/Fail.



Меню Pass/Fail

16.1 Включение/отключение

Переключатель **Enable** включает/отключает функцию. После включения можно выбрать источник, сформировать маску и настроить выдачу результатов.

16.2 Источник

В **Source** выберите CH1–CH8 в пределах возможностей модели.

СОВЕТ. Если выбран отключенный канал, он включается автоматически.

16.3 Маска теста

В меню **Pass/Fail** можно самостоятельно задать тестовую маску проверки Pass/Fail, а также сохранить и загрузить тестовую маску.

Создание маски

Нажмите или коснитесь полей ввода **X Mask** и **Y Mask** для задания соответственно диапазона допуска по горизонтали и диапазона допуска по вертикали с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать: стрелки вверх/вниз справа от поля ввода **Y Mask** для регулировки значения Y Mask; стрелки влево/вправо справа от поля ввода **X Mask** для регулировки значения X Mask. Кроме того, для установки значений Y Mask и X Mask можно использовать назначенные регуляторы, указанные в соответствующих полях ввода. После завершения настройки нажмите или коснитесь кнопки **Create** для применения созданной маски. (На экране применяется область, не покрытая синим цветом.)

Загрузка маски

При включённой функции проверки Pass/Fail можно загружать файлы тестовых масок из внутренней памяти или внешнего USB-накопителя (при обнаружении устройства) и применять их к текущей функции проверки Pass/Fail. Нажмите или коснитесь кнопки **Load** для перехода в интерфейс загрузки файлов. Нажмите или коснитесь поля ввода **File Path** для выбора указанного файла тестовой маски (формат *.pf) и применения его к текущей функции проверки Pass/Fail.

Сохранение маски

При включённой функции проверки Pass/Fail можно сохранить текущий диапазон тестовой маски во внутреннюю память или на внешний USB-накопитель (при обнаружении устройства) в формате *.pf. Нажмите или коснитесь кнопки **Save** для перехода в интерфейс сохранения файлов. Нажмите или коснитесь полей ввода **File Name** и **File Path** для ввода имени файла и выбора требуемого пути сохранения тестовой маски во внутренней или внешней памяти.

16.4 Формирование выходных результатов

В меню Option интерфейса проверки Pass/Fail можно настроить последующие действия, которые осциллограф будет выполнять при получении результатов проверки в соответствии с требованиями пользователя.

Настройка события выхода и вспомогательного выхода

- Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Aux Output**, чтобы включить или отключить вспомогательный выход.
 - При включении: В меню **Utility** подменю **AUX Out** в разделе **Setup** автоматически устанавливается в значение «PassFail». При обнаружении успешного или неуспешного события проверки с разъёма **[AUX OUT]** будет выдан импульсный сигнал.
 - При отключении: В меню **Utility** подменю **AUX Out** в разделе **Setup** автоматически устанавливается в значение «TrigOut». Выходной сигнал с разъёма **[AUX OUT]** не связан с функцией проверки Pass/Fail.
- Нажмите или коснитесь пункта **Output Event** и выберите «Pass» или «Fail». После обнаружения выбранного события на разъём **[AUX OUT]** будет выдан импульсный сигнал.

Настройка полярности и длительности выходного импульса

Нажмите или коснитесь пункта **Polarity** и выберите: Positive — положительная полярность; Negative — отрицательная полярность.

Затем нажмите или коснитесь поля ввода **Pulse** и установите длительность импульса с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно использовать назначенный регулятор, указанный в поле ввода, для установки значения. Диапазон настройки длительности импульса: от 100 нс до 10 мс. Значение по умолчанию: 1 мкс.

Настройка действий при ошибке

В меню Err Action можно задать действия, которые осциллограф будет выполнять при обнаружении события ошибки (Fail). Доступны следующие действия:

- **Stop:** Останавливает процесс выборки при обнаружении события неуспешной проверки.
- **Beeper:** Включает звуковой сигнал зуммера при обнаружении события неуспешной проверки. (Не зависит от текущего состояния включения/отключения зуммера прибора.)
- **Screenshot:** Выполняет снимок экрана при обнаружении события неуспешной проверки. Если обнаружено внешнее устройство хранения данных, снимок экрана будет автоматически сохранён на внешнее устройство. В противном случае снимок будет сохранён на внутренний диск.

Примечание

Если выбран параметр Screenshot, действие Stop выполняется принудительно. Процесс выборки автоматически останавливается. После завершения операции сохранения снимка экрана процесс выборки возобновляется.

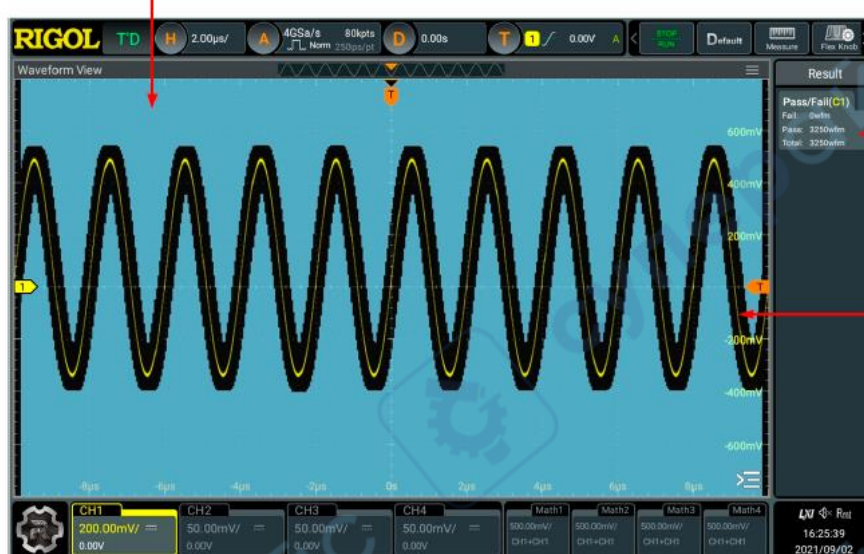
16.5 Запуск/остановка теста

После включения функции проверки **Pass/Fail** и завершения настройки параметров в меню Pass/Fail нажмите или коснитесь  пункта Operate для запуска проверки. Во время выполнения проверки можно в любой момент нажать или коснуться кнопки  для приостановки процесса проверки.

В процессе проверки осциллограф выполняет проверку форм сигналов, отображает информацию о результатах проверки и выдаёт выходную информацию в соответствии с текущими настройками. Результаты измерения «Pass/Fail» отображаются в списке «Result».

Интерфейс проверки показан на рисунке ниже.

Синяя область: маска



Отображение результатов Pass/Fail

Проверяемый сигнал
Проверка завершается ошибкой, если форма сигнала достигает области маски.

Интерфейс Pass/Fail

СОВЕТ. Запуск/остановка и сохранение/загрузка маски доступны только при включенной функции. После запуска теста нельзя изменять источник и маску.

16.6 Статистика результатов

После включения проверки Pass/Fail результаты проверки отображаются в списке Result в правой части экрана. Нажмите или коснитесь значка  в нижней правой части области отображения формы сигнала, чтобы свернуть список результатов.

Статистическая информация результатов проверки Pass/Fail включает: количество кадров с ошибкой (Failed Frames); количество успешно прошедших кадров (Passed Frames); общее количество кадров (Total Frames).



Кадры с ошибкой

Успешно прошедшие кадры

Общее количество кадров

Нажмите или коснитесь результатов проверки в списке Result, после чего отобразится подменю. Доступны следующие операции:

- **Reset Stat.** Сбросить результаты проверки до нулевых значений.
- **Setting** Перейти в интерфейс настройки проверки Pass/Fail.
- **Remove** Отключить функцию Pass/Fail и выйти из текущего интерфейса.

17 Декодирование протоколов

Анализ протоколов используется для поиска ошибок и отладки аппаратуры. Осциллограф предоставляет четыре независимых модуля декодирования: Decode1, Decode2, Decode3, Decode4. Их настройки одинаковы; далее описывается Decode1.

Стандартно поддерживаются Parallel, RS232/UART, I2C, CAN, SPI; при наличии соответствующих опций — LIN, CAN-FD, FlexRay, I2S, MIL-STD-1553.

Откройте  > **Decode** либо кнопку **Decode** на панели инструментов.

17.1 Параллельное декодирование

Параллельная шина состоит из линии тактового сигнала и линий данных. Осциллограф считывает данные по нарастающему, спадающему либо обоим фронтам CLK и определяет логические уровни по установленным порогам.

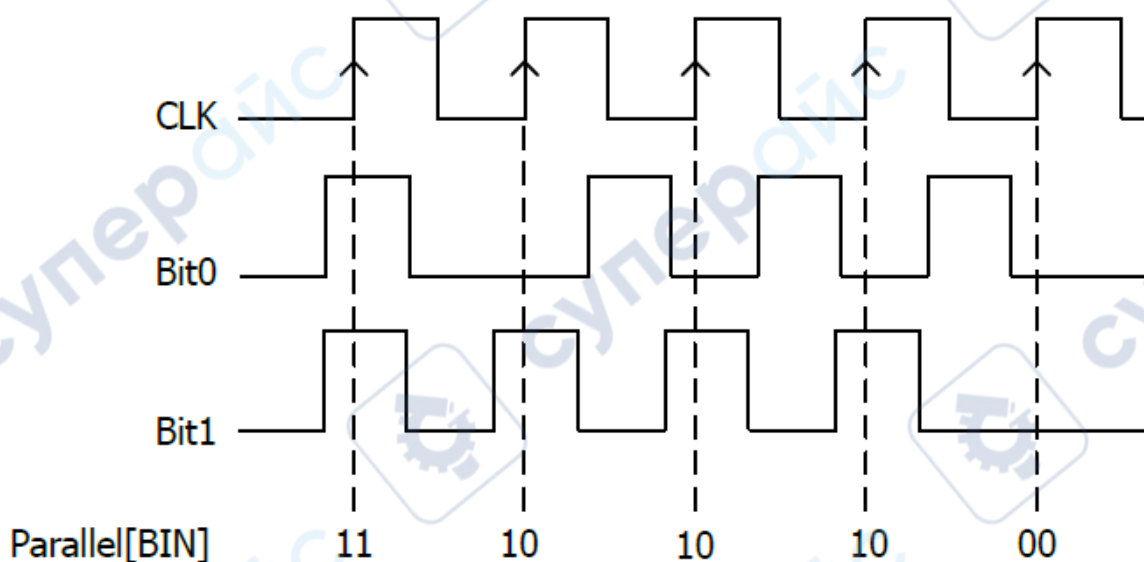


Схема параллельного декодирования

В **Bus Type** выберите **Parallel**.

Меню Parallel Decoding

Bus Status включает/отключает декодирование.

17.1.1 Настройка тактового сигнала (CLK)

CLK: выберите аналоговый или цифровой канал. Если OFF, отдельная линия тактирования не используется, а декодирование выполняет выборку при изменениях данных на линиях шины.

Пороговый уровень (Threshold): для аналогового CLK задайте порог; диапазон зависит от вертикального масштаба и смещения.

Фронт тактового сигнала (CLK):

- Rising — выборка по нарастающему фронту;
- Falling — по спадающему;
- Both — по обоим фронтам.

17.1.2 Настройка шины

В **BUS** выберите доступный аналоговый/цифровой набор либо User.

Настройка шины для 8-канальной модели серии DHO

Шина (Bus)	Разрядность (Width)	Бит X (Bit X)	Канал (Channel)	Примечание
CH1	1	0	CH1	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
CH2	1	0	CH2	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
CH3	1	0	CH3	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.

CH4	1	0	CH4	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
CH5	1	0	CH5	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
CH6	1	0	CH6	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
CH7	1	0	CH7	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
CH8	1	0	CH8	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
User	от 1 до 8, по умолчанию 1	0 (по умолчанию)	CH1–CH8	Когда для шины выбрано значение «User», можно настроить ширину шины.

Таблица 19.2 Настройка шины для 4-канальной модели серии МНО

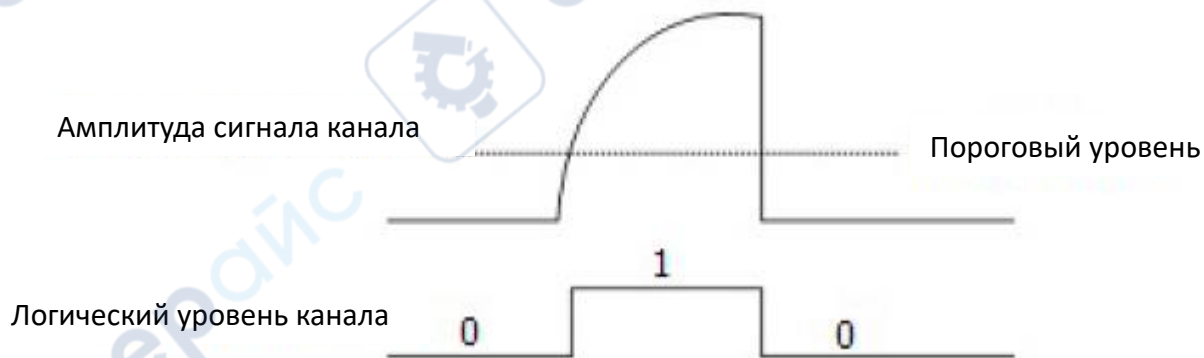
Шина (Bus)	Разрядность (Width)	Бит X (Bit X)	Канал (Channel)	Примечание
CH1	1	0	CH1	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
CH2	1	0	CH2	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
CH3	1	0	CH3	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
CH4	1	0	CH4	Разрядность, Bit X и CH устанавливаются автоматически и не могут быть изменены.
D7–D0	8	0 (по умолчанию)	D0 (по умолчанию)	Биты Bit0–Bit7 соответственно назначаются каналам D7–D0. Разрядность устанавливается автоматически и не может быть изменена.
D15–D8	8	0 (по умолчанию)	D8 (по умолчанию)	Биты Bit0–Bit7 соответственно назначаются каналам D15–D8. Разрядность устанавливается автоматически и не может быть изменена.

D15–D0	16	0 (по умолчанию)	D0 (по умолчанию)	Биты Bit0–Bit15 соответственно назначаются каналам D15–D0. Разрядность устанавливается автоматически и не может быть изменена.
D0–D7	8	0 (по умолчанию)	D7 (по умолчанию)	Биты Bit0–Bit7 соответственно назначаются каналам D0–D7. Разрядность устанавливается автоматически и не может быть изменена.
D8–D15	8	0 (по умолчанию)	D15 (по умолчанию)	Биты Bit0–Bit7 соответственно назначаются каналам D8–D15. Разрядность устанавливается автоматически и не может быть изменена.
D0–D15	16	0 (по умолчанию)	D15 (по умолчанию)	Биты Bit0–Bit15 соответственно назначаются каналам D0–D15. Разрядность устанавливается автоматически и не может быть изменена.
User	от 1 до 4, по умолчанию 1	0 (по умолчанию)	CH1–CH4, D0–D15	Когда для шины выбрано значение «User», можно настроить ширину шины.

Настройка порогового уровня

Если в качестве источника шины выбран аналоговый канал, для определения логических состояний «1» и «0» шины необходимо установить пороговый уровень для каждого аналогового канала. Когда амплитуда сигнала канала превышает установленный пороговый уровень, она определяется как логическая «1»; в противном случае — как логический «0».

Нажмите или коснитесь поля ввода **Threshold** и установите значение порогового уровня с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также для установки значения можно использовать назначенный многофункциональный регулятор, указанный в поле ввода. Диапазон настройки порогового уровня зависит от текущего вертикального масштаба и смещения.



Endian (Порядок байтов)

В параметре **Endian** выберите «Invert» или «Normal» в качестве порядка представления данных шины. Доступные варианты: Invert — обратный порядок; Normal — обычный порядок.

Polarity (Полярность)

В параметре Polarity выберите «Positive» или «Negative» в качестве полярности данных. Доступные варианты: Positive — положительная полярность; Negative — отрицательная полярность.

17.1.3 Настройки отображения

В меню **Decode** можно настроить следующие параметры, связанные с отображением данных.

Настройка формата отображения

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Format** для выбора формата отображения данных шины и таблицы событий. Доступны следующие форматы: Hex — шестнадцатеричный; Dec — десятичный; Bin — двоичный; ASCII — код ASCII.

Настройка отображения метки

Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Label**, чтобы включить или отключить отображение метки декодируемой шины. При включении метка шины будет отображаться в верхней левой части области отображения шины (если отображение шины включено). Метка показывает текущий тип шины.

17.1.4 Таблица событий

Таблица событий отображает декодированные данные и соответствующую информацию о декодировании в порядке времени в виде таблицы. Она может использоваться для наблюдения за относительно большим объемом декодированных данных. Информация о декодировании включает: декодированные данные; соответствующий номер строки; время и другие параметры.

Когда таблица событий включена, на экране отображается окно таблицы событий для выбранного декодирования. Информация о декодировании отображается в таблице событий.



Примечания:

При изменении горизонтальной временной развертки форма сигнала, отображаемая на экране, также изменяется, а общее количество строк с информацией о декодировании в таблице событий также изменяется.

Отображаемая информация декодированных данных шины зависит от значения горизонтальной временной развертки.

Настройка формата таблицы событий

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Format** для выбора формата отображения таблицы событий. Доступны следующие форматы: Hex — шестнадцатеричный; Dec — десятичный; Bin — двоичный; ASCII — ASCII.

Экспорт

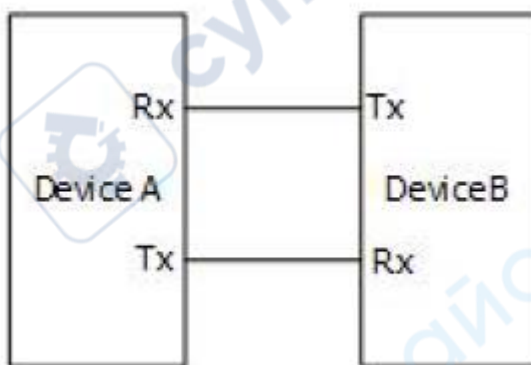
Когда состояние работы прибора установлено в STOP, можно экспортировать время и соответствующие данные декодирования из текущей таблицы событий.

Нажмите или коснитесь кнопки **Export** для перехода в интерфейс экспорта файлов. Можно экспортировать список данных во внутреннюю память или на внешний USB-накопитель (при обнаружении устройства) в формате *.csv.

Подробная операция экспорта аналогична операции сохранения.

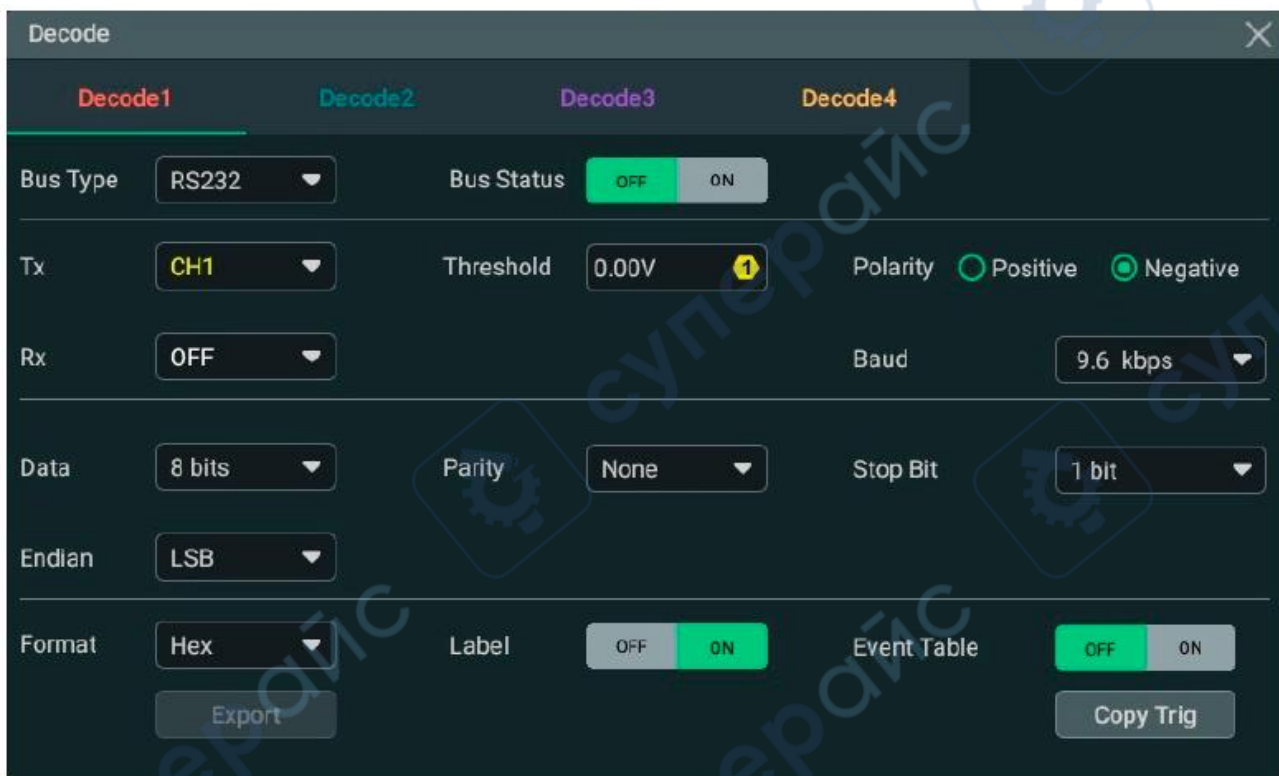
17.2 Декодирование RS232

Шина RS232 включает передающую линию TX и принимающую RX. Скорость задается в бит/с. Кадр содержит стартовый бит, информационные биты, необязательный бит четности и стоповые биты.



Последовательная шина RS232

В **Bus Type** выберите RS232.



Меню RS232 Decoding

Bus Status включает декодирование. Copy Trig копирует текущие настройки запуска в настройки выбранного декодера.

17.2.1 Источники

Tx (передача): аналоговый канал, цифровой канал или OFF. Для аналогового источника задайте Threshold; при изменении порога на экране примерно на 2 с появляется пунктирная линия уровня.

Rx (прием): настраивается аналогично; по умолчанию OFF.

СОВЕТ. Tx и Rx нельзя одновременно установить в OFF.

Polarity:

- Positive — высокий уровень = 1, низкий = 0;
- Negative — высокий = 0, низкий = 1.

Baud: выберите предустановленную скорость (в перечне предусмотрены, например, 50, 75, 110, 134, 150 бит/с и другие) либо User и задайте пользовательское значение.

17.2.2 Параметры кадра

- **Data:** 5, 6, 7, 8 или 9 бит.

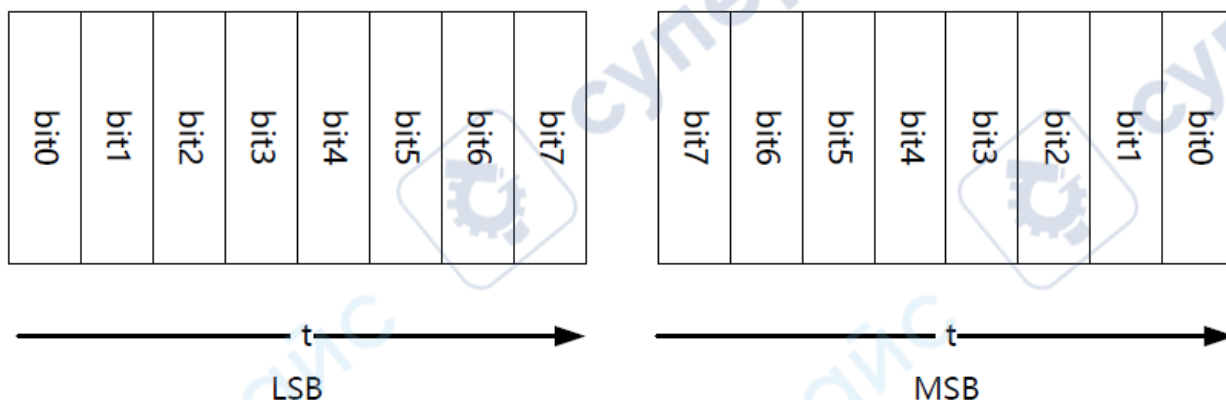
• **Parity:**

- None (Нет) — Указывает, что при передаче данных дополнительный проверочный бит не используется;

- Even (Чётный) — Указывает, что общее количество единиц «1» в битах данных и проверочном бите должно быть чётным числом. Например, при передаче значения 0x55 (01010101) в проверочный бит необходимо добавить «0»;

- Odd (Нечётный)— Указывает, что общее количество единиц «1» в битах данных и проверочном бите должно быть нечётным числом. Например, при передаче значения 0x55 (01010101) в проверочный бит необходимо добавить «1»..

- **Stop Bit:** 1, 1,5 или 2 бита.
- **Endian:**
 - LSB — младший бит передается первым;
 - MSB — старший бит первым.



17.2.3 Отображение

Format: Hex, Dec, Bin, ASCII.

Label: включение метки шины.

17.2.4 Таблица событий



Таблица событий RS232

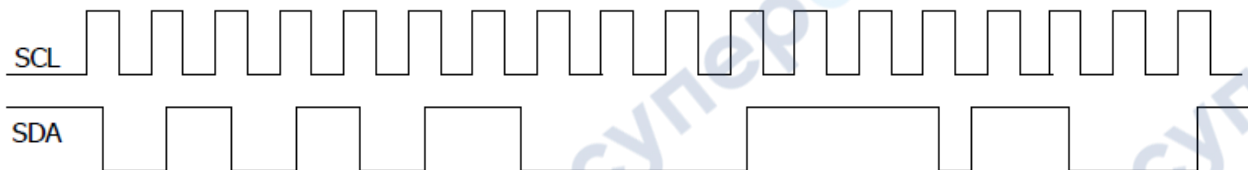
Таблица содержит время, номер строки, направление Tx/Rx, данные и ошибки. При STOP таблицу можно экспортировать в CSV. Формат представления: Hex, Dec, Bin, ASCII.

17.3 Декодирование I2C

Шина I2C состоит из тактовой линии SCL и линии данных SDA.

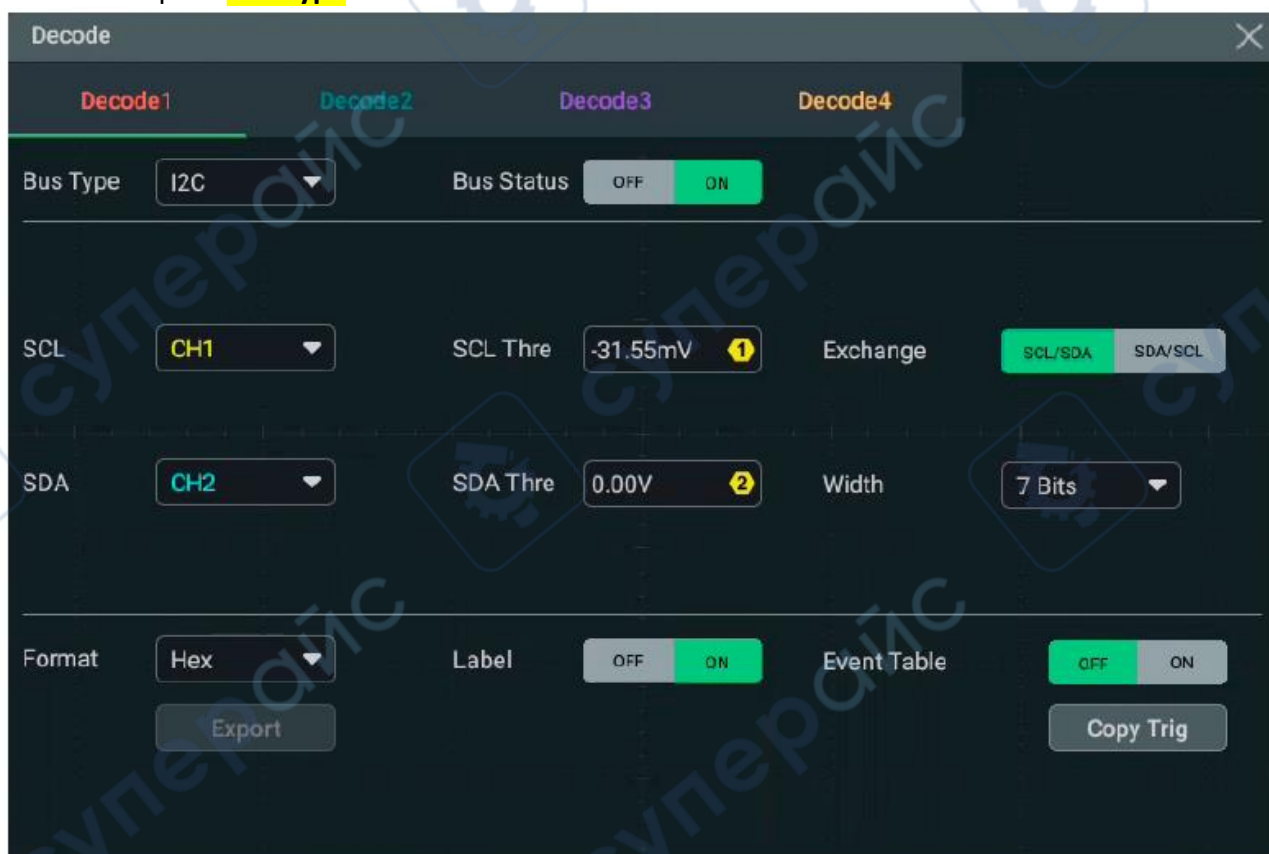
SCL: выполняет выборку данных SDA по нарастающему или спадающему фронту тактового сигнала.

SDA: представляет собой канал передачи данных.



Последовательная шина I2C

Выберите **Bus Type** = I2C.



Меню I2C Decoding

Bus Status включает декодирование; Copy Trig переносит настройки запуска в декодер.

17.3.1 Источники

SCL: аналоговый или цифровой канал. Для аналогового задайте SCL Thre.

SDA: аналоговый или цифровой канал. Для аналогового задайте SDA Thre.

При изменении порога аналогового источника его уровень временно отображается пунктирной линией.

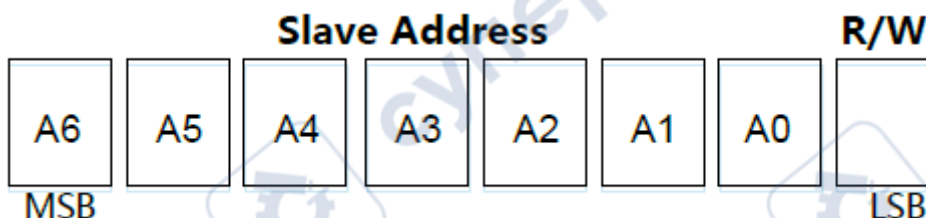
Exchange (SCL/SDA или SDA/SCL) меняет местами назначенные источники SCL и SDA.

Width:

- При 7-битной адресации после условия START передаётся адрес ведомого устройства. Передача адреса начинается с первого байта, как показано на рисунке ниже. Первые семь битов первого байта образуют адрес ведомого устройства, а восьмой бит является младшим значащим битом (LSB), который определяет направление передачи сообщения. Этот бит также называется битом направления данных (R/W).

Значение «0» указывает на передачу данных (WRITE — запись).

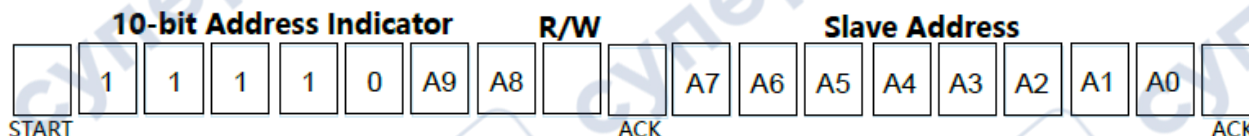
Значение «1» указывает на запрос данных (READ — чтение).;



- 8 Bits — аналогично 7-разрядной адресации, но R/W включается в 8-разрядное представление адреса;

- 10-битная адресация совместима с 7-битной адресацией.

Как показано на рисунке ниже, при использовании 10-битной адресации первый байт представляет собой специальный зарезервированный адрес — индикатор 10-битного адреса (10-bit Address Indicator), который указывает на передачу текущего 10-битного адреса.



17.3.2 Отображение

Format: Hex, Dec, Bin, ASCII; **Label** — метка шины.

17.3.3 Таблица событий

При включении таблицы событий на экране отображается окно таблицы событий для выбранного декодирования. Информация о декодировании отображается в таблице событий.

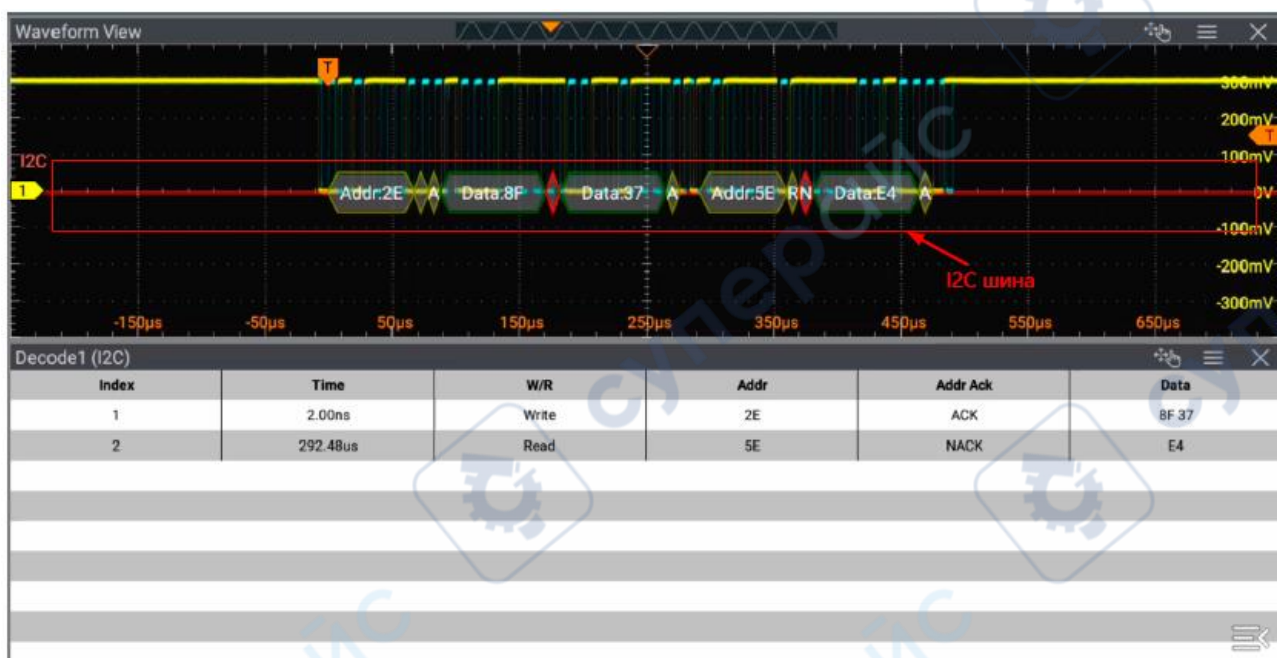


Таблица событий I2C

Формат таблицы выбирается из Hex, Dec, Bin, ASCII; при STOP доступен экспорт CSV.

Каждый кадр I2C начинается с адресной информации. В декодировании Read обозначает адрес чтения (Read: 7f), Write — адрес записи (Write: 1c).

Отображение ошибок при декодировании I2C

При декодировании I2C декодированные данные могут содержать адрес с подтверждением ACK или без подтверждения NACK. Если после адреса записи появляется NACK, на экране отображается сообщение об ошибке ACK:1, выделенное красным цветом.

17.4 Декодирование SPI

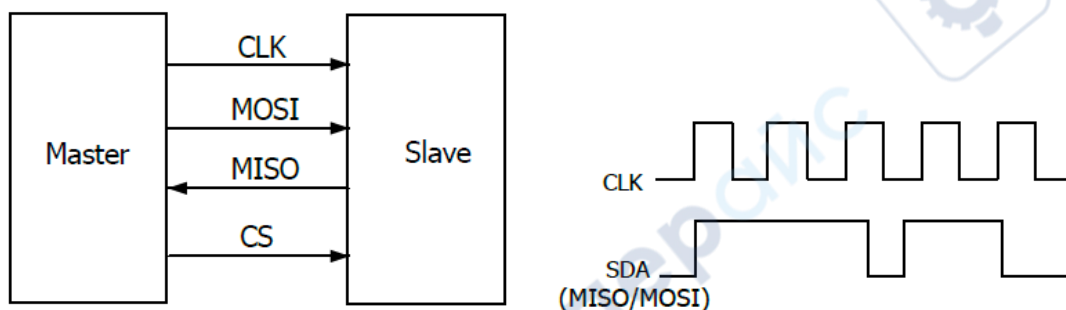
Шина SPI основана на конфигурации ведущий–ведомый (master–slave) и обычно состоит из следующих линий: линия выбора микросхемы (CS); линия тактового сигнала (CLK); линия данных (SDA).

При этом линии данных включают:

MISO (Master Input / Slave Output) — линия данных входа ведущего устройства / выхода ведомого устройства;

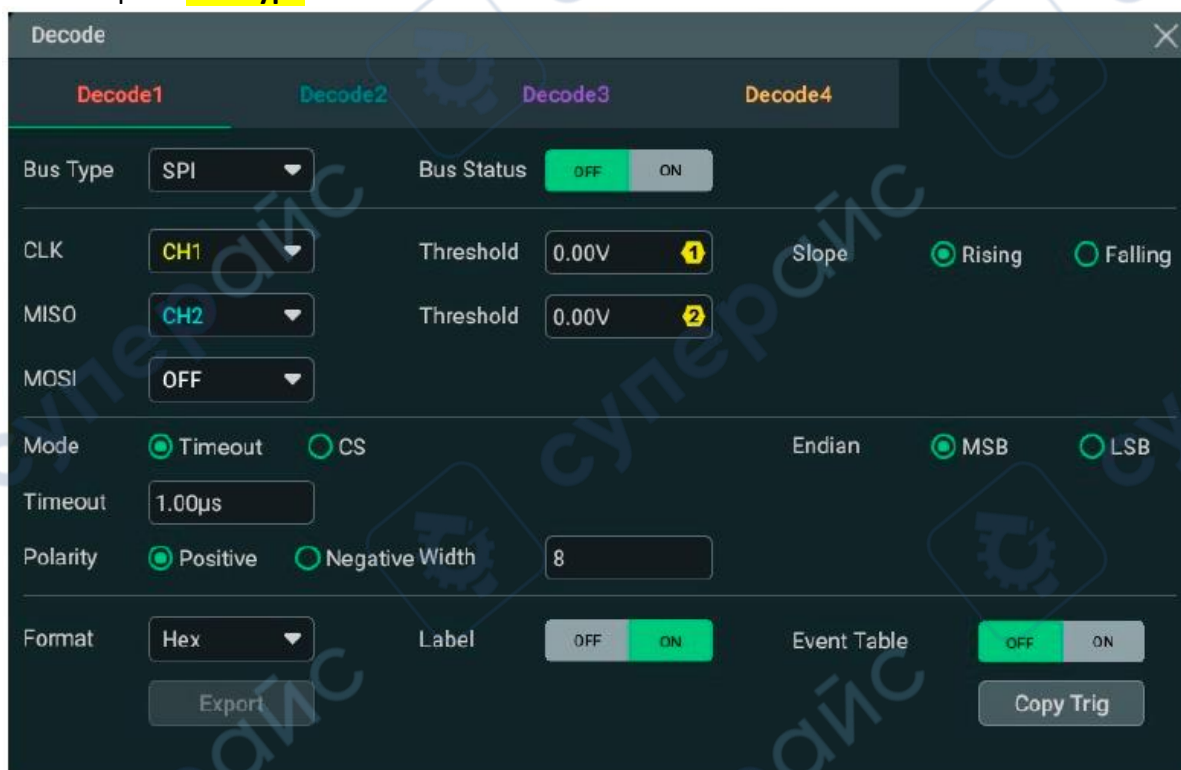
MOSI (Master Output / Slave Input) — линия данных выхода ведущего устройства / входа ведомого устройства.

Осциллограф выполняет выборку данных канала по нарастающему или спадающему фронту тактового сигнала и определяет состояние каждой точки данных (логический «1» или логический «0») в соответствии с предварительно установленным пороговым уровнем.



Последовательная шина SPI

Выберите **Bus Type** = SPI.



Меню SPI Decoding

Bus Status включает декодирование; Copy Trig копирует настройки запуска.

17.4.1 Источники

CLK: аналоговый или цифровой канал. Для аналогового задайте порог. В Slope выберите Rising или Falling для момента выборки MISO/MOSI.

MISO/MOSI: аналоговый канал, цифровой канал или OFF. Для аналогового задается порог.

ПРИМЕЧАНИЕ. MISO и MOSI нельзя одновременно установить в OFF.

17.4.2 Режим и данные

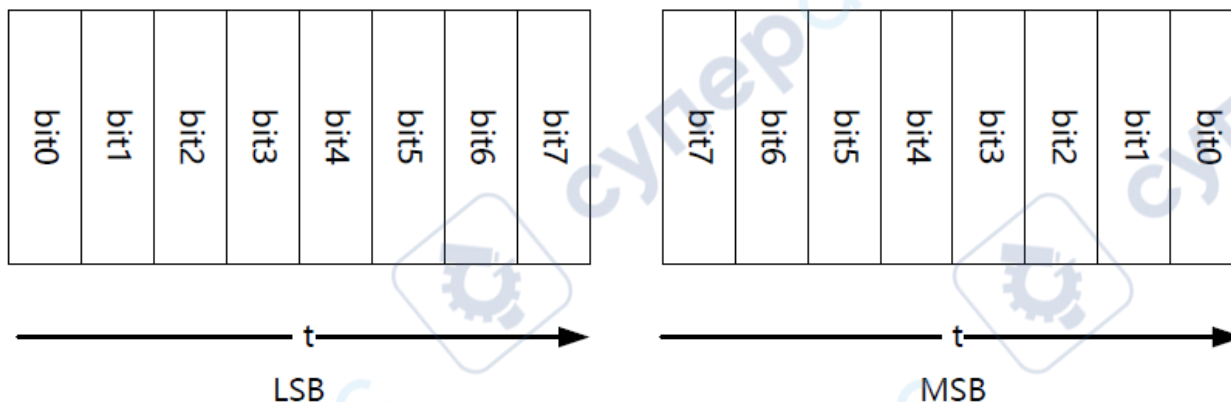
Mode:

- **Timeout** — синхронизация кадров по паузе. Значение должно быть больше половины периода тактового сигнала. Диапазон Timeout: 8 нс–10 с, по умолчанию 1 мкс;
- **CS** — синхронизация по линии выбора кристалла. Выберите аналоговый/цифровой источник CS, задайте порог и CS Polarity = Positive/Negative.

Endian:

LSB: указывает порядок передачи младшего значащего бита (Least Significant Bit), то есть младший бит данных передаётся первым.

MSB: указывает порядок передачи старшего значащего бита (Most Significant Bit), то есть старший бит данных передаётся первым.



Polarity: Positive или Negative.

Width: 4–32 бита на кадр, по умолчанию 8.

17.4.3 Отображение

Format: Hex, Dec, Bin, ASCII; **Label** — метка шины.

17.4.4 Таблица событий



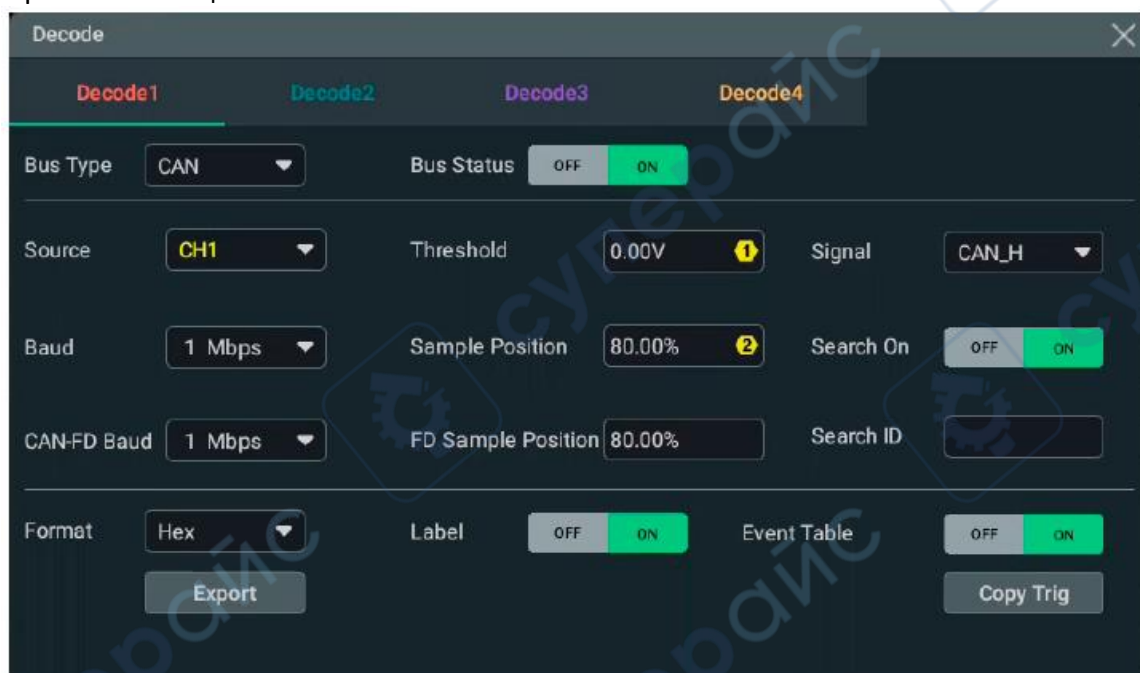
Таблица событий SPI

При STOP результаты можно экспортировать в CSV. Формат таблицы — Hex, Dec, Bin, ASCII.

17.5 Декодирование CAN/CAN-FD

Осциллограф считывает CAN или, при установленной опции, CAN-FD в заданной точке выборки и определяет логические уровни по порогу.

Выберите **Bus Type** = CAN. Параметры CAN-FD Baud и FD Sample Position доступны только с активированной опцией CAN-FD.



Меню CAN Decoding.

Bus Status включает декодирование; Copy Trig переносит настройки запуска.

17.5.1 Настройка сигнала

Выбор источника и настройка порога

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Source** для выбора требуемого источника из списка. Доступные источники включают: аналоговые каналы; цифровые каналы; Math1–Math4.

Если в качестве источника выбран аналоговый канал или Math1–Math4, можно установить параметр **Threshold** для указанного канала с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также для установки порогового уровня можно использовать назначенный многофункциональный регулятор. При изменении порогового уровня источника сигнала на экране отображается пунктирная линия, показывающая текущий уровень порога. После прекращения изменения значения порога эта линия исчезает примерно через 2 секунды.

Выбор типа сигнала

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Signal** для выбора типа сигнала, соответствующего сигналу шины CAN. Доступны следующие типы сигналов: CAN_H; CAN_L; Rx; Tx; Diff.

Описание типов сигналов:

- CAN_H: фактический сигнал шины CAN_H.
- CAN_L: фактический сигнал шины CAN_L.
- Rx: сигнал приёма (Receive) от CAN-трансивера.
- Tx: сигнал передачи (Transmit) от CAN-трансивера.
- Diff: дифференциальный сигнал шины CAN, подключённый к источнику канала с помощью дифференциального пробника.

Подключение пробника:

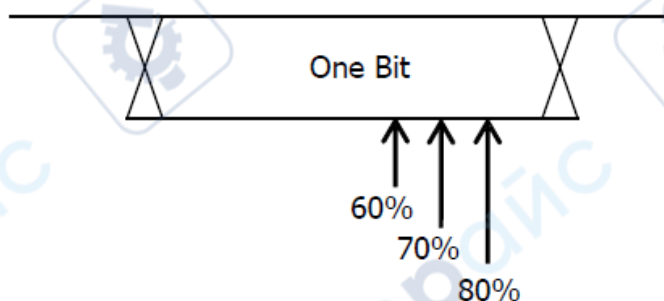
положительный вывод пробника подключается к сигналу CAN_H;
отрицательный вывод пробника подключается к сигналу CAN_L.

Настройка стандартной скорости передачи данных

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **Baud** для выбора предустановленной скорости передачи данных. Доступные значения скорости включают: 10,0 кбит/с; 19,2 кбит/с; 20,0 кбит/с; 33,3 кбит/с; и другие. Также можно выбрать **User** для задания пользовательской скорости передачи данных.

Положение выборки (Sample Position)

Sample Position — это точка внутри временного интервала одного бита, в которой осциллограф выполняет выборку уровня бита. Положение выборки определяется как отношение: время от начала бита до точки выборки / длительность бита (см. рисунок ниже).



Положение выборки (декодирование CAN)

Настройка скорости CAN-FD

Параметр CAN-FD Baud используется только для декодирования CAN-FD. Он доступен только при установленной опции CAN-FD. Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки **CAN-FD Baud** для выбора переменной скорости передачи данных из списка. Доступные значения включают: 1 Мбит/с; 2 Мбит/с; 3 Мбит/с; 4 Мбит/с; и другие. Также можно выбрать **User** для задания пользовательской скорости.

Положение выборки FD (FD Sample Position)

FD Sample Position — специальный параметр для декодирования CAN-FD. Он доступен только при установленной опции CAN-FD. Нажмите или коснитесь поля ввода FD Sample Position и задайте положение выборки CAN-FD с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также для установки значения можно использовать назначенный регулятор. Диапазон настройки: от 10% до 90%.

17.5.2 Отображение

Format: Hex, Dec, Bin, ASCII; **Label** — метка шины.

17.5.3 Таблица событий

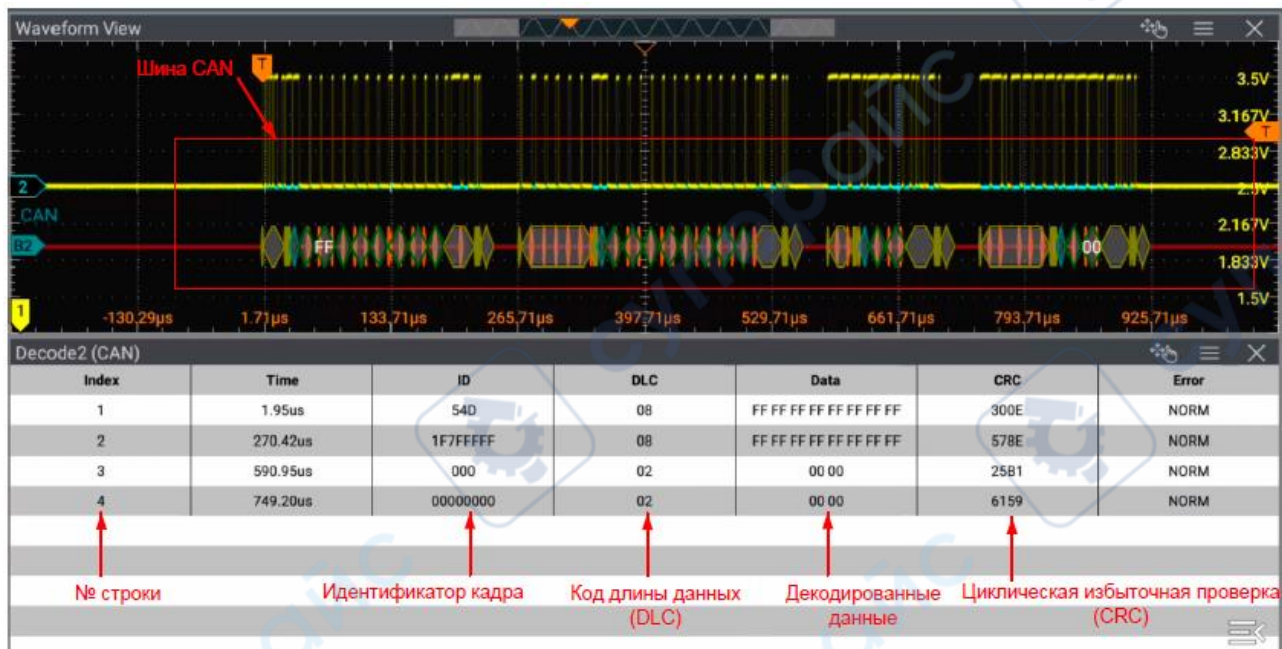


Таблица событий CAN

Таблица включает номер строки, Frame ID, DLC, данные и CRC. При остановке захвата можно включить Search On и задать ID, чтобы оставить в таблице только события с указанным идентификатором. Данные экспортируются в CSV.

Структура декодированного кадра:

- ID: — идентификатор кадра, Hex;
- DLC: — код длины данных, Hex;
- Data: — данные в выбранном формате;
- CRC: — циклический контроль, Hex;
- ACK: — подтверждение; ошибка ACK (ACK = 1) выделяется красным;
- R: — удаленный кадр;
- Stuff — ошибка вставки битов.

18 Многооконный режим

Осциллограф поддерживает одновременное отображение нескольких окон диаграмм и окон результатов.

Откройте  > **Windows** либо нажмите значок **Windows** на панели инструментов.



Меню Add Window

Добавление окна диаграммы

1. В **Diagram** выберите требуемый тип окна. В верхней части меню отображается предварительный просмотр формы и параметров.
2. Настройте Source и другие параметры согласно соответствующему функциональному разделу.
3. Нажмите **Add**. Выбранная диаграмма появится на экране.

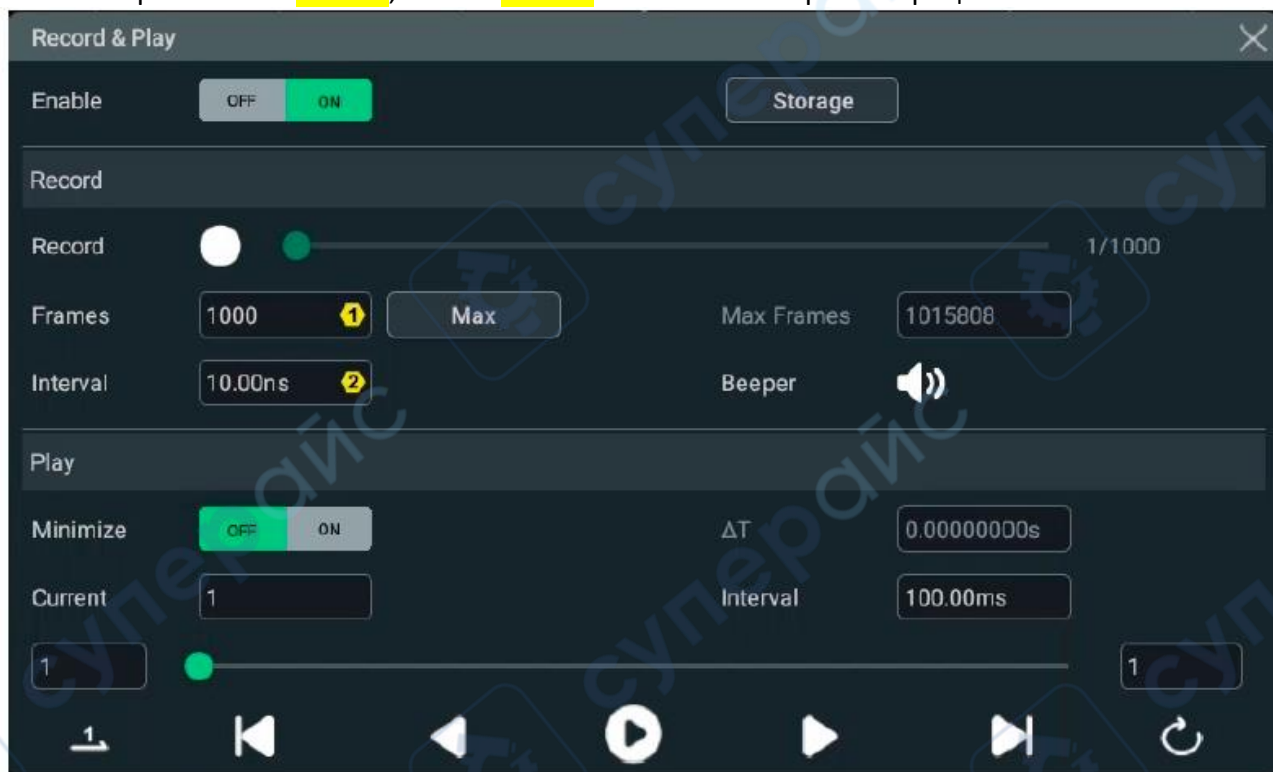
Добавление окна списка результатов

В **Result List** выберите **Measure**, **All Measure** или **Decode**. В области предварительного просмотра появятся соответствующие результаты. Нажмите **Add**, чтобы вывести окно результатов на экран.

19 Запись и воспроизведение осциллограмм

Функция записывает последовательность осциллограмм и воспроизводит сохраненные кадры для последующего анализа.

Откройте  > **Record**, значок **Record** на панели быстрых операций либо кнопкой .



Интерфейс записи осциллограмм

19.1 Общие настройки

Операции записи (Recording Operation)

Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для пункта **Enable** в интерфейсе Record & Play, чтобы включить или отключить функцию записи и воспроизведения формы сигнала.

- Нажмите или коснитесь значка **Record** , чтобы начать запись формы сигнала. После этого значок записи изменится с  на .

- Индикатор справа от шкалы прогресса записи отображает количество текущих записанных кадров и общее количество кадров, доступных для записи: Количество текущих записанных кадров / Общее количество кадров, доступных для записи

Во время записи информация о текущем процессе записи обновляется в режиме реального времени на экране, а количество текущих записанных кадров постоянно изменяется.

- После завершения записи значок  автоматически изменяется на , и запись останавливается.

- Во время записи также можно нажать или коснуться значка , чтобы вручную приостановить запись.



Количество текущих записанных кадров Общее количество кадров

Воспроизведение (Play Operation)

Нажмите или коснитесь значка воспроизведения  в меню **Play**, чтобы начать воспроизведение записанных форм сигналов. Значок воспроизведения изменится с  на значок паузы . Во время воспроизведения формы сигнала значение параметра Current изменяется динамически. Во время воспроизведения также можно повторно нажать или коснуться значка , чтобы вручную приостановить воспроизведение. ΔT обозначает временной интервал между текущим воспроизводимым кадром и первым кадром.

Хранение (Storage)

Нажмите или коснитесь пункта **Storage**, после чего будет выполнен переход к интерфейсу хранения.

19.2 Параметры записи

Во время записи формы сигнала осциллограф записывает формы сигналов текущих включённых каналов с заданным интервалом до тех пор, пока пользователь вручную не остановит операцию записи или количество записанных кадров не достигнет установленного значения.

Перед началом записи формы сигнала необходимо настроить следующие параметры.

1. Interval (Интервал)

Определяет временной интервал между кадрами в процессе записи.

Нажмите или коснитесь поля ввода **Interval**, чтобы установить интервал между кадрами с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно повернуть соответствующую многофункциональную ручку, указанную в поле ввода, для настройки значения. Диапазон доступных значений: от 10 нс до 1 с.

2. Frames (Кадры)

Определяет фактическое количество кадров, которые могут быть записаны. После запуска операции записи осциллограф автоматически остановит запись, когда количество записанных кадров достигнет установленного значения.

Нажмите или коснитесь пункта **Frames**, чтобы установить количество кадров для записи с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно повернуть соответствующую многофункциональную ручку, указанную в поле ввода, для настройки значения. Диапазон доступных значений: от 1 до максимального количества кадров, доступных для текущей записи.

3. Max Frames (Максимальное количество кадров)

Отображает максимальное количество кадров, которые могут быть записаны. Нажмите или коснитесь пункта **Max**, расположенного справа от поля ввода **Frames**. После этого максимальное количество кадров формы сигнала автоматически будет введено в поле **Frames**.

Так как объём памяти формы сигнала является фиксированным, увеличение количества точек в каждом кадре формы сигнала приводит к уменьшению количества кадров формы сигнала, которые могут быть записаны. Таким образом, максимальное количество записываемых кадров зависит от текущего выбранного значения «Глубина памяти» (Memory Depth). Количество точек в одном кадре формы сигнала соответствует текущей глубине памяти.

$\text{Memory Depth} \geq \text{Sample Rate} \times \text{Horizontal Time Base} \times \text{Number of Grids in the Horizontal Direction on the Screen}$

Следовательно, значение Max Frames при записи формы сигнала также зависит от параметров Sample Rate и Horizontal Time Base.

4. Beeper (Звуковой сигнал)

Настройка включения или отключения звукового сигнала после завершения процесса записи.



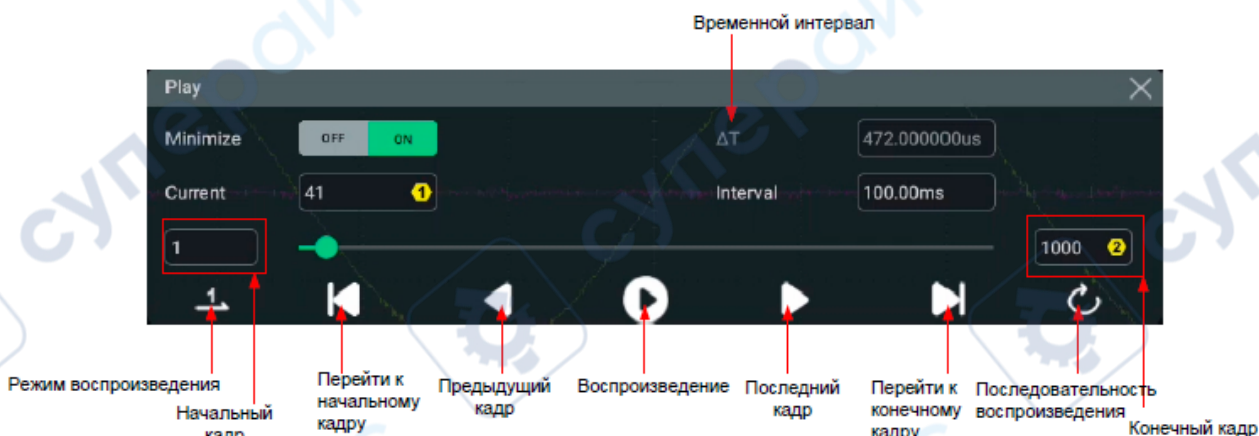
: после завершения записи подаётся звуковой сигнал.



: после завершения записи звуковой сигнал не подаётся.

19.3 Параметры воспроизведения

Выполняется воспроизведение текущих записанных форм сигналов. В разделе **Play** нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для пункта **Minimize**, чтобы выбрать, следует ли свернуть окно операции воспроизведения. При выборе значения **ON** окно операции воспроизведения будет свернуто, что делает интерфейс простым, понятным и удобным для использования, как показано на рисунке ниже.



Перед воспроизведением формы сигнала необходимо настроить следующие параметры.

1. Play Mode (Режим воспроизведения)

Воспроизведение формы сигнала выполняется в одиночном режиме () или циклическом режиме (). Нажмите или коснитесь первого значка в нижней части меню параметров Play, чтобы переключить режим воспроизведения.

- : воспроизведение выполняется от начального кадра до конечного кадра, после чего автоматически останавливается.

- : воспроизведение выполняется от начального кадра до конечного кадра, после чего повторяется циклически до тех пор, пока пользователь не остановит его вручную.

2. Playback Sequence (Последовательность воспроизведения)

Определяет направление воспроизведения формы сигнала: по часовой стрелке (); против часовой стрелки (). Нажмите или коснитесь последнего значка в нижней части меню параметров Play, чтобы переключить последовательность воспроизведения.

- : воспроизведение выполняется от начального кадра до конечного кадра.

-  : воспроизведение выполняется от конечного кадра к начальному кадру.

3. Interval (Интервал)

Определяет временной интервал между кадрами во время воспроизведения. Нажмите или коснитесь поля ввода **Interval**, чтобы установить интервал между кадрами с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно повернуть соответствующую многофункциональную ручку, указанную в поле ввода, для настройки значения. Диапазон доступных значений: от 1 мс до 1 с.

4. Start Frame (Начальный кадр)

Нажмите или коснитесь поля ввода Start Frame, чтобы установить начальный кадр для воспроизведения с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно повернуть соответствующую многофункциональную ручку, указанную в поле ввода, для настройки значения. Значение по умолчанию: 1. Максимальное значение: максимальное количество записанных кадров формы сигнала.

5. End Frame (Конечный кадр)

Нажмите или коснитесь поля ввода **End Frame**, чтобы установить конечный кадр для воспроизведения с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно повернуть соответствующую многофункциональную ручку, указанную в поле ввода, для настройки значения. Значение по умолчанию: количество записанных кадров формы сигнала.

6. Current Frame (Текущий кадр)

После остановки воспроизведения нажмите или коснитесь поля ввода **Current**, чтобы установить отображаемый текущий кадр с помощью всплывающей цифровой клавиатуры. Также можно повернуть соответствующую многофункциональную ручку, указанную в поле ввода, для настройки значения. Максимальное значение текущего кадра: максимальное количество записанных кадров.

20 Поиск и навигация

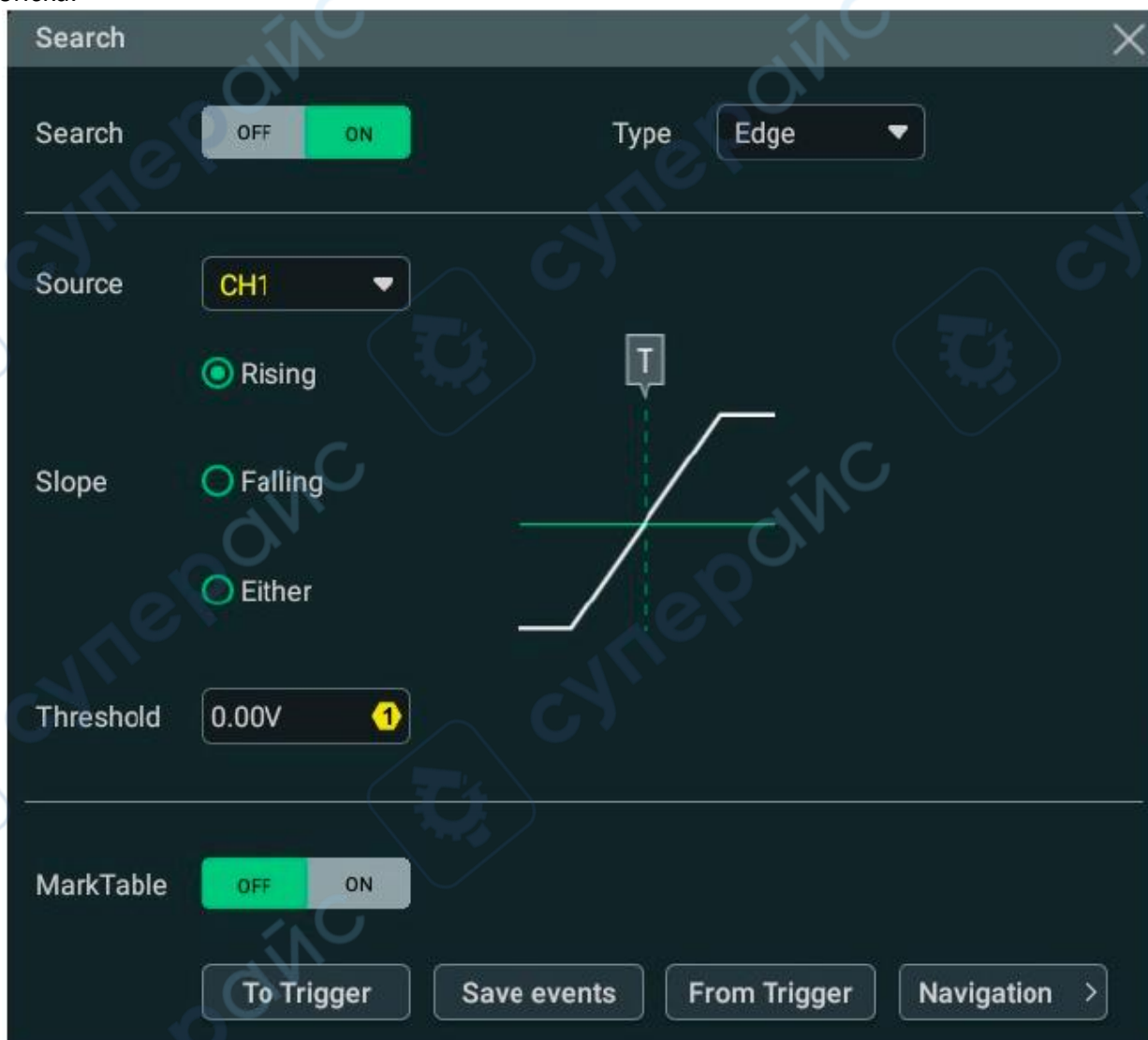
Функция поиска находит интересные события, отмечает их и позволяет быстро переходить между ними. Тип поиска — Edge или Pulse. Навигация выполняется по времени либо по найденным событиям.

20.1 Функция поиска

Функция поиска позволяет выполнять поиск заданного события Edge (фронт) или Pulse (импульс), после чего найденное событие отмечается значком перевёрнутого треугольника (▼).

Для входа в меню Search выполните одно из следующих действий:

- Нажмите или коснитесь значка навигации по функциям  в левом нижнем углу экрана для входа в меню навигации функций. Нажмите или коснитесь пункта **Search** для входа в меню поиска.
- Нажмите или коснитесь пункта **Search** в интерфейсе Navigation для входа в меню поиска.



Меню Search

Включение или отключение функции поиска

Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для пункта **Search**, чтобы включить или отключить функцию поиска.

Примечание

При включении функции поиска автоматически включается режим масштабирования Zoom Mode (Delayed Sweep).

Выбор типа поиска

Выберите тип поиска: Edge — поиск по фронту; Pulse — поиск по импульсу.

- **Поиск по фронту (Edge Search)**

После выбора типа поиска Edge необходимо настроить: тип фронта; пороговый уровень.

- **Поиск по импульсу (Pulse Search)**

После выбора типа поиска Pulse необходимо настроить: полярность импульса; условие поиска; пороговый уровень.

Настройка источника

Выберите аналоговый канал в качестве источника функции поиска.

Копирование настроек запуска

- **To Trigger (В запуск)**

Нажмите или коснитесь пункта **To Trigger**, чтобы скопировать настройки выбранного типа поиска в соответствующий тип запуска.

Пример: Если текущий тип поиска — Edge, нажатие **To Trigger** скопирует настройки поиска по фронту в настройки Edge Trigger.

- **From Trigger (Из запуска)**

Нажмите или коснитесь пункта **From Trigger**, чтобы скопировать настройки запуска в настройки выбранного типа поиска.

Пример: Если текущий тип запуска — Edge Trigger, нажатие **From Trigger** скопирует настройки запуска по фронту в настройки поиска Edge.

Примечание

При выборе **From Trigger** необходимо сначала установить тип поиска, а затем скопировать настройки типа запуска из меню запуска.

Включение или отключение таблицы маркеров

При включении таблицы маркеров отображается таблица маркеров, как показано на рисунке ниже. Таблица маркеров содержит события, отмеченные маркерами, для форм сигналов, отображаемых в текущем окне просмотра формы сигнала. При изменении масштаба или перемещении формы сигнала содержимое таблицы маркеров изменяется. С таблицей маркеров можно выполнять следующие операции:

- Когда прибор находится в состоянии STOP (ОСТАНОВ), нажмите или коснитесь любой строки таблицы маркеров для выбора соответствующего события. Значок перевёрнутого треугольника, обозначающий выбранное событие, изменяется на красный (■).

- Нажмите или коснитесь значка  в правом верхнем углу таблицы маркеров для открытия меню Search.

- Нажмите на строку заголовка таблицы маркеров, выделенную серым цветом, и удерживайте кнопку мыши для перемещения таблицы и изменения её положения на экране.

- Нажмите или коснитесь значка  в правом верхнем углу таблицы для закрытия таблицы маркеров.

Search			
Index	Time	EventCount	Info
1	-50us	1	Rising edge
2	-49.59us	1	Rising edge
3	-48.79us	1	Rising edge
4	-47.99us	1	Rising edge
5	-47.19us	1	Rising edge
6	-46.39us	1	Rising edge
7	-45.59us	1	Rising edge
8	-44.79us	1	Rising edge
9	-43.99us	1	Rising edge
10	-43.19us	1	Rising edge

Таблица маркеров

Навигация

Нажмите или коснитесь пункта **Navigation** для перехода в интерфейс навигации. Также можно использовать функцию Navigation Function для навигации по событиям поиска.

Сохранение события поиска

Данные маркеров событий можно сохранить во внутреннюю память или на внешнее USB-устройство хранения данных в формате "*.csv".

Нажмите или коснитесь пункта **Save Events** для перехода в интерфейс сохранения событий.

Для сохранения данных маркеров событий во внутреннюю или внешнюю память обратитесь к описанию раздела To Save a File.

Примечание

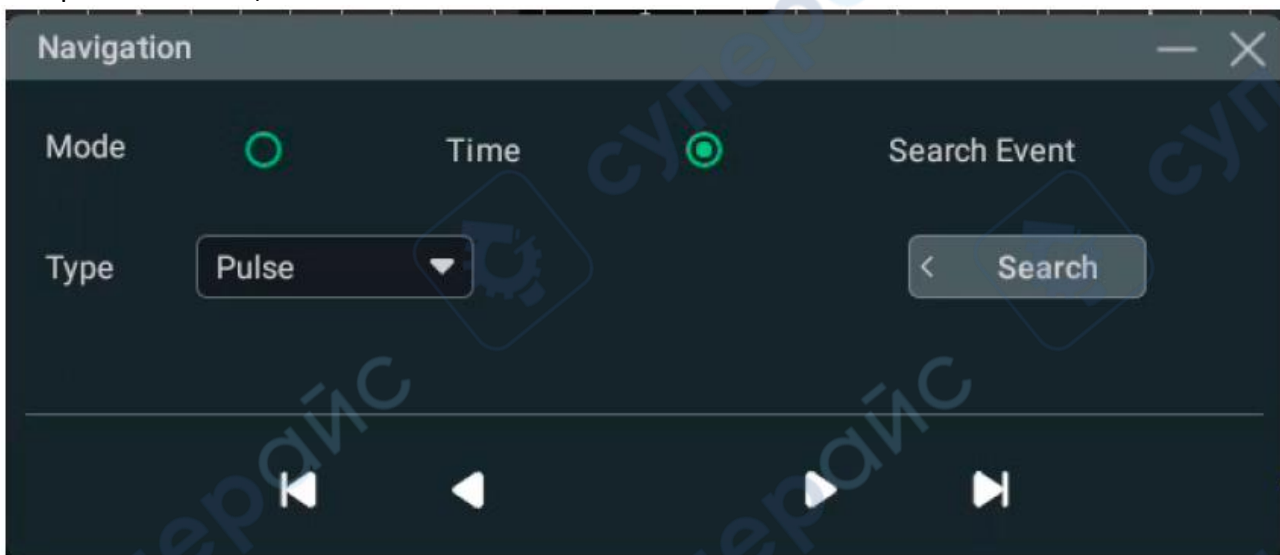
Данная серия осциллографов поддерживает только USB-устройства флэш-памяти с файловой системой FAT32.

20.2 Функция навигации

Функция навигации включает: навигацию по времени (Time Navigation); навигацию по событиям поиска (Search Event Navigation).

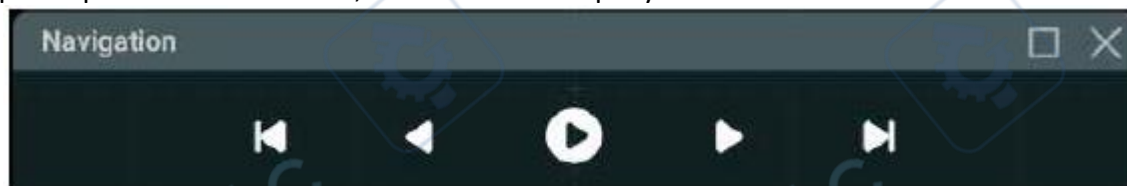
Для входа в интерфейс **Navigation** выполните одно из следующих действий:

- Нажмите кнопку  на передней панели прибора для входа в меню Navigation.
- Нажмите или коснитесь значка **Navigate** на панели инструментов в верхней правой части экрана для входа в меню Navigation.
- В интерфейсе Search нажмите или коснитесь кнопки **Navigation** для входа в меню настройки навигации.



Меню навигации)

Нажмите или коснитесь значка () , чтобы свернуть окно Navigation, что делает интерфейс простым и понятным, как показано на рисунке ниже.



Свернутое окно навигации (Time Navigation)

Примечание

Функция навигации доступна только при нахождении осциллографа в состоянии работы STOP (ОСТАНОВ).

Навигация по времени

После остановки сбора данных используйте кнопки управления навигацией в интерфейсе Navigation для прямого и обратного воспроизведения захваченных форм сигналов. Также можно использовать комбинацию клавиш навигации   в области горизонтального управления на передней панели прибора для управления формами сигналов.

- После выбора режима Time Navigation нажмите или коснитесь значка () , чтобы начать воспроизведение формы сигнала.

- Во время воспроизведения нажмите или коснитесь значка () для воспроизведения назад. Воспроизведение автоматически остановится после достижения начального положения.

Нажмите или коснитесь значка () для воспроизведения вперёд. Воспроизведение автоматически остановится после достижения конечного положения.

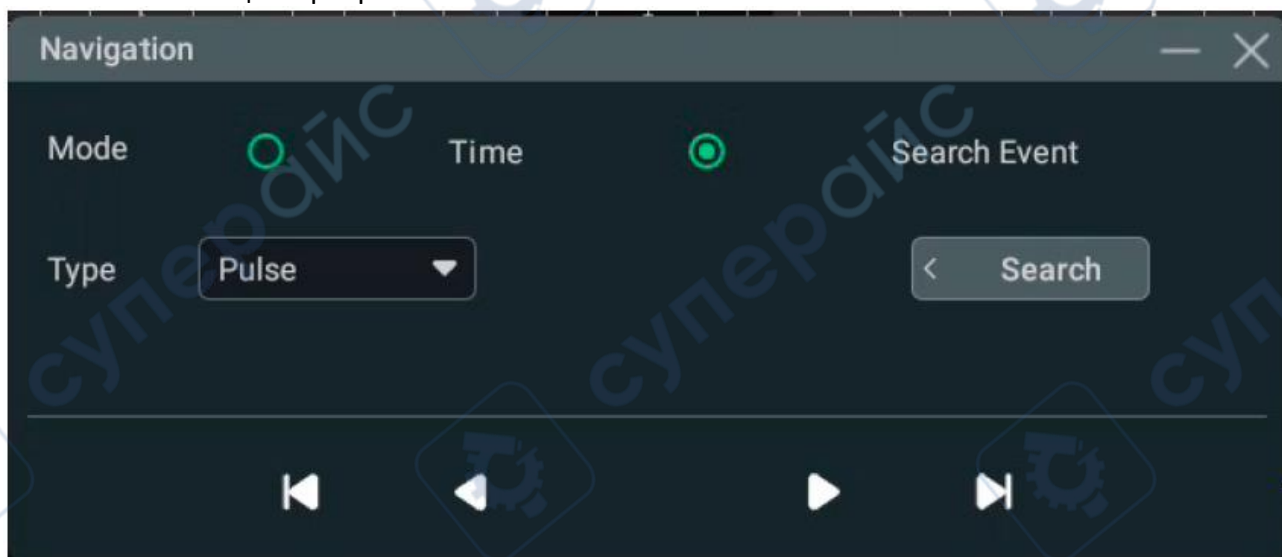
- Когда воспроизведение остановлено, нажмите или коснитесь значков (◀) или (▶), чтобы перемещать форму сигнала назад или вперёд.

- Нажмите или коснитесь значка (⏮), чтобы перейти к начальному сегменту воспроизводимой формы сигнала. Нажмите или коснитесь значка (⏭), чтобы перейти к последнему сегменту воспроизводимой формы сигнала.

Нажмите или коснитесь раскрывающейся кнопки параметра **Speed** (Скорость), чтобы выбрать скорость воспроизведения формы сигнала.

Навигация по событиям поиска

После включения функции навигации и завершения поиска события можно использовать комбинацию клавиш навигации для быстрого перехода к определённому событию в таблице маркеров событий.



Интерфейс навигации по событиям поиска

После выбора режима навигации Search Event нажмите или коснитесь пункта **Search**, чтобы задать условия поиска.

Тип события поиска может быть установлен как: Edge (Фронт); Pulse (Импульс). Выбранный тип должен соответствовать типу поиска, заданному в меню Search.

Нажмите или коснитесь значка (◀), чтобы перейти к предыдущему событию (серийный номер в таблице маркеров уменьшается). Нажмите или коснитесь значка (▶), чтобы перейти к следующему событию (серийный номер в таблице маркеров увеличивается).

Нажмите или коснитесь значка (⏮), чтобы перейти к первому событию. Нажмите или коснитесь значка (⏭), чтобы перейти к последнему событию.

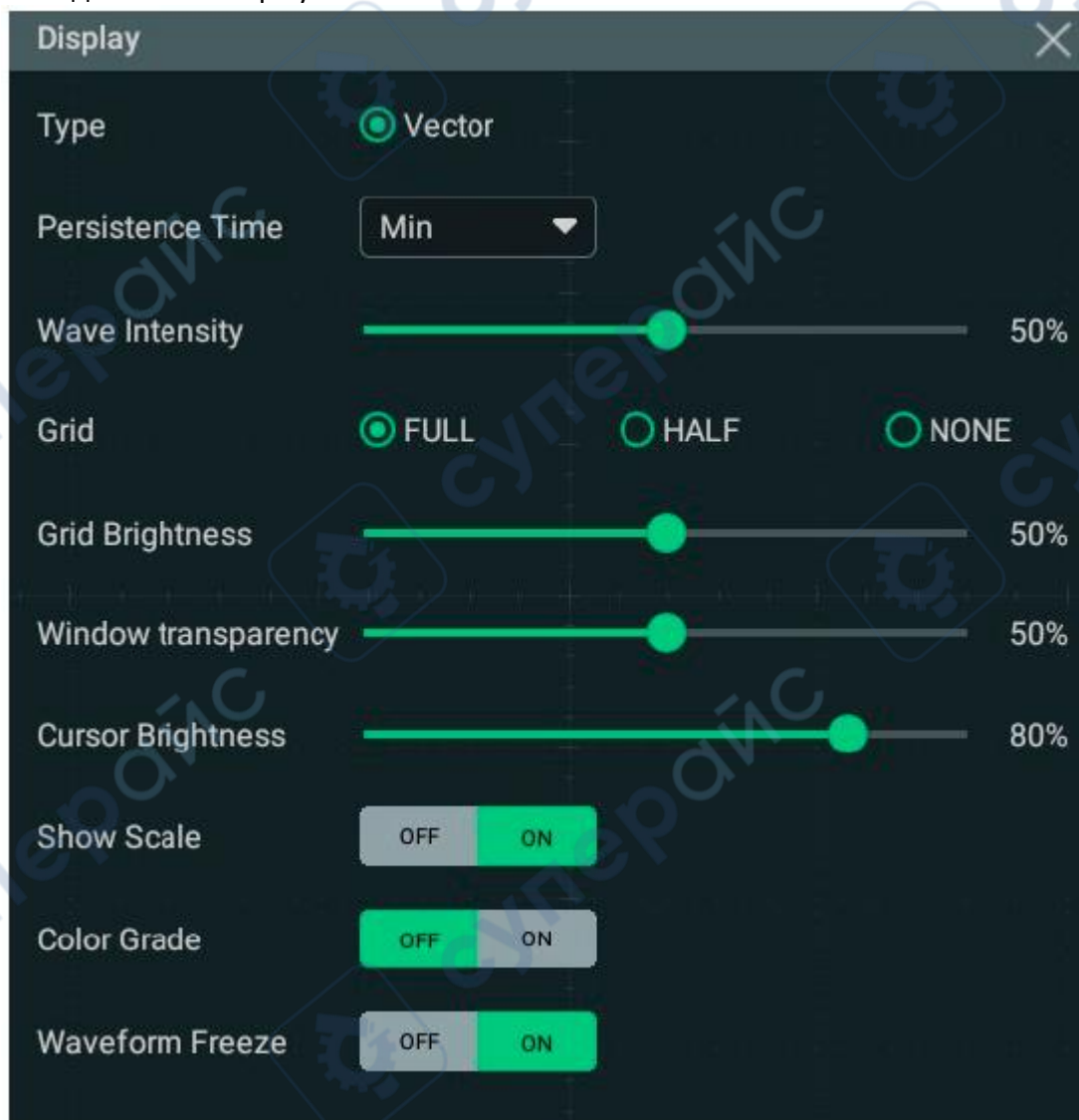
21 Управление отображением

В меню настройки **Display** можно настроить следующие параметры отображения: тип отображения; время послесвечения; интенсивность формы сигнала; тип сетки; яркость сетки и другие параметры.

Для входа в меню Display выполните одно из следующих действий:

Нажмите или коснитесь значка навигации по функциям  в левом нижнем углу экрана, затем выберите пункт **Display** для входа в меню Display.

Нажмите или коснитесь значка () в правом верхнем углу окна просмотра формы сигнала для входа в меню Display.



Меню настройки отображения

21.1 Тип отображения

Данная серия осциллографов поддерживает режим отображения Vector (Векторный), при котором точки выборки соединяются линиями и отображаются на экране.

В большинстве случаев данный режим обеспечивает наиболее наглядное отображение формы сигнала, позволяя наблюдать крутые фронты сигнала (например, прямоугольного сигнала).

21.2 Время послесвечения

В меню настройки **Display** нажмите или коснитесь раскрывающей кнопки параметра **Persistence Time**, чтобы выбрать время послесвечения из раскрывающегося списка.

Доступные значения: Min; переменное время послесвечения: 100 мс; 200 мс; 500 мс; 1 с; 2 с; 5 с; 10 с; Infinite (Бесконечное).

В следующем разделе приведено описание эффекта отображения частотно-развёрнутого синусоидального сигнала при различных настройках времени послесвечения.

- **Min (Минимальное)**

Позволяет наблюдать изменение формы сигнала с высокой частотой обновления.

- **Variable Persistence (Переменное послесвечение)**

Позволяет отображать редко возникающие или относительно медленно изменяющиеся выбросы после установленного времени послесвечения. Время послесвечения может быть установлено: 100 мс; 200 мс; 500 мс; 1 с; 2 с; 5 с; 10 с.

- **Infinite (Бесконечное)**

В данном режиме осциллограф не удаляет предыдущие захваченные формы сигналов при получении новых форм сигналов. Предыдущие захваты отображаются с относительно низкой яркостью, а вновь полученные формы сигналов отображаются с обычной яркостью и цветом. Режим бесконечного послесвечения может использоваться для: измерения шума; измерения джиттера (дрожания сигнала); захвата редко возникающих событий.

21.3 Интенсивность формы сигнала

В меню **Display** перемещайте ползунок **Wave Intensity** для настройки яркости отображения формы сигнала. Значение по умолчанию: 50%. Диапазон настройки: от 1% до 100%.

21.4 Настройка сетки экрана

В меню настройки **Display** выберите один из вариантов параметра **Grid**: FULL; HALF; NONE



- **FULL (Полная)**

Включает отображение фоновой сетки и основных координатных линий.

- **HALF (Половинная)**

Отключает основные координатные линии, сохраняя отображение фоновой сетки.

- **NONE (Нет)**

Отключает отображение фоновой сетки и основных координатных линий.

21.5 Настройки отображения

Яркость сетки

В меню **Display** перемещайте ползунок **Grid Brightness** для настройки яркости сетки. Значение по умолчанию: 50%. Диапазон настройки: от 0% до 100%.

Прозрачность окна

В меню **Display** перемещайте ползунок **Window Transparency** для настройки прозрачности окна. Значение по умолчанию: 50%. Диапазон настройки: от 0% до 100%.

Яркость курсора

В меню **Display** перемещайте ползунок **Cursor Brightness** для настройки яркости курсора. Значение по умолчанию: 80%. Диапазон настройки: от 0% до 100%.

21.6 Отображение шкалы

В меню настройки **Display** нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Show Scale**, чтобы включить или отключить отображение шкалы на экране. Значение по умолчанию: ON (Включено).

21.7 Цветовая градация

В меню настройки **Display** нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Color Grade**, чтобы включить или отключить цветовую градацию. Значение по умолчанию: OFF (Выключено). При включении данной функции различные цвета отображаются на экране для обозначения: количества циклов сбора данных; вероятности появления данных.

21.8 Фиксация формы сигнала

В меню настройки **Display** нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Waveform Freeze**, чтобы включить или отключить функцию фиксации формы сигнала. Значение по умолчанию: ON (Включено).

При включении функции после остановки сбора данных осциллограф отображает форму сигнала, полученную в результате многократной выборки и наложения данных, после выполнения одного из следующих действий: нажатие или касание значка **STOP/RUN** на панели

быстрого управления; нажатие кнопки  на передней панели прибора.

При отключении функции отображается последняя форма сигнала, полученная при срабатывании запуска.

22 Сохранение и загрузка

Осциллограф позволяет сохранять текущие настройки, осциллограммы, изображение экрана и другие данные во внутреннюю память или на внешний USB-накопитель, а также загружать сохраненные настройки и файлы обновления. Через управление дисками можно копировать, вырезать, удалять и переименовывать файлы и папки.

На передней панели предусмотрены два порта USB HOST. Подключенные внешние накопители обозначаются как Removable USB Disk (D) и Removable USB Disk (E).

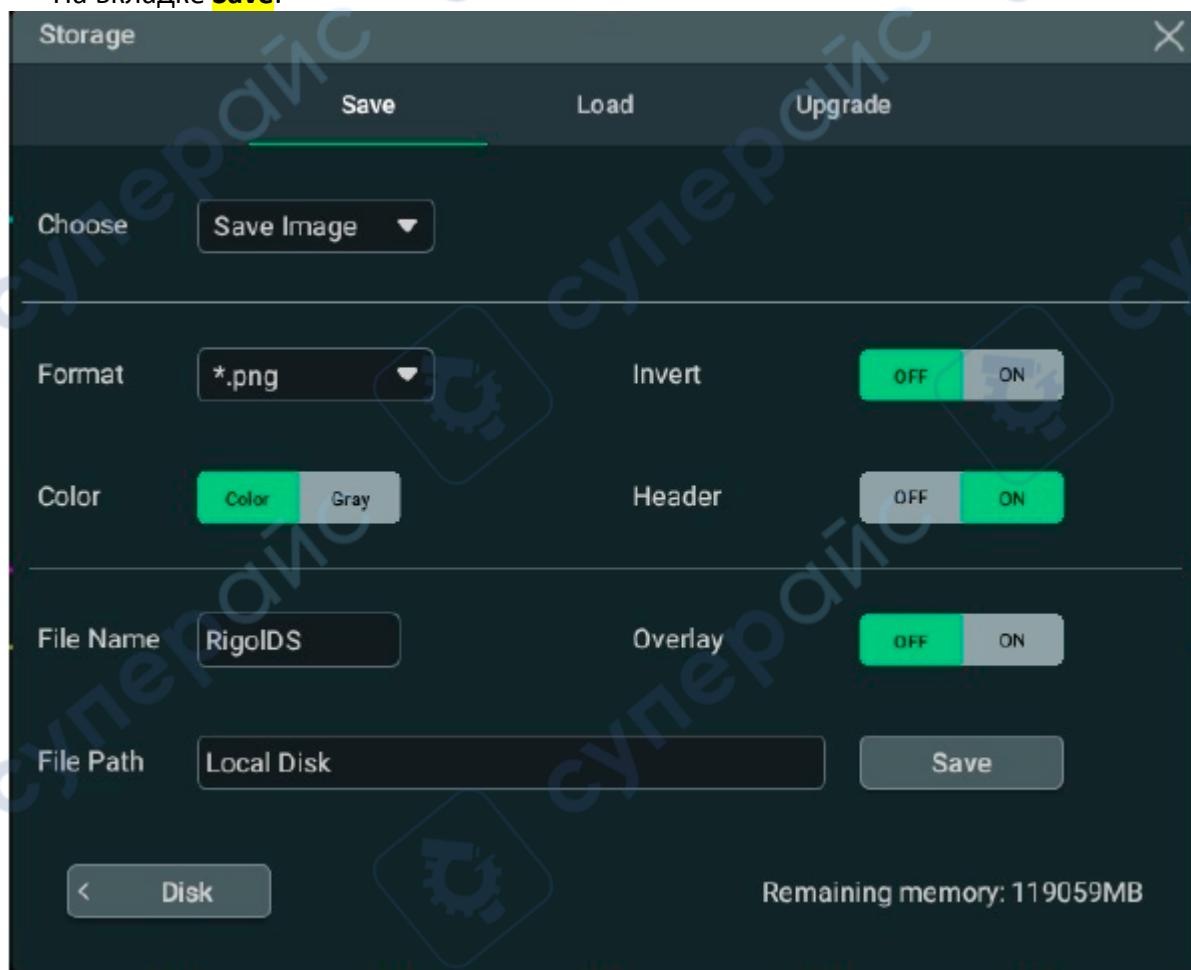
COBET. Поддерживаются USB Flash-накопители, отформатированные в FAT32.

22.1 Открытие Storage

Откройте  > **Storage** либо кнопку **Storage** на панели инструментов. Доступны вкладки Save, Load, Upgrade.

22.2 Сохранение файла

На вкладке **Save**:



Меню Storage

1. **File Name** — введите имя экранной клавиатурой.
2. **File Path** — выберите путь через Disk Management. Без USB по умолчанию используется Local Disk; при обнаружении USB появляется D:.
3. **Overlay** — разрешает/запрещает перезапись существующего файла с тем же именем.
4. **Save** — сохранить и закрыть меню.

ПРИМЕЧАНИЕ. Имя может содержать буквы, цифры и другие символы, кроме китайских; длина не более 16 символов. Имя файла и путь не должны содержать специальные символы, например # и ,.

22.2.1 Сохранение изображения

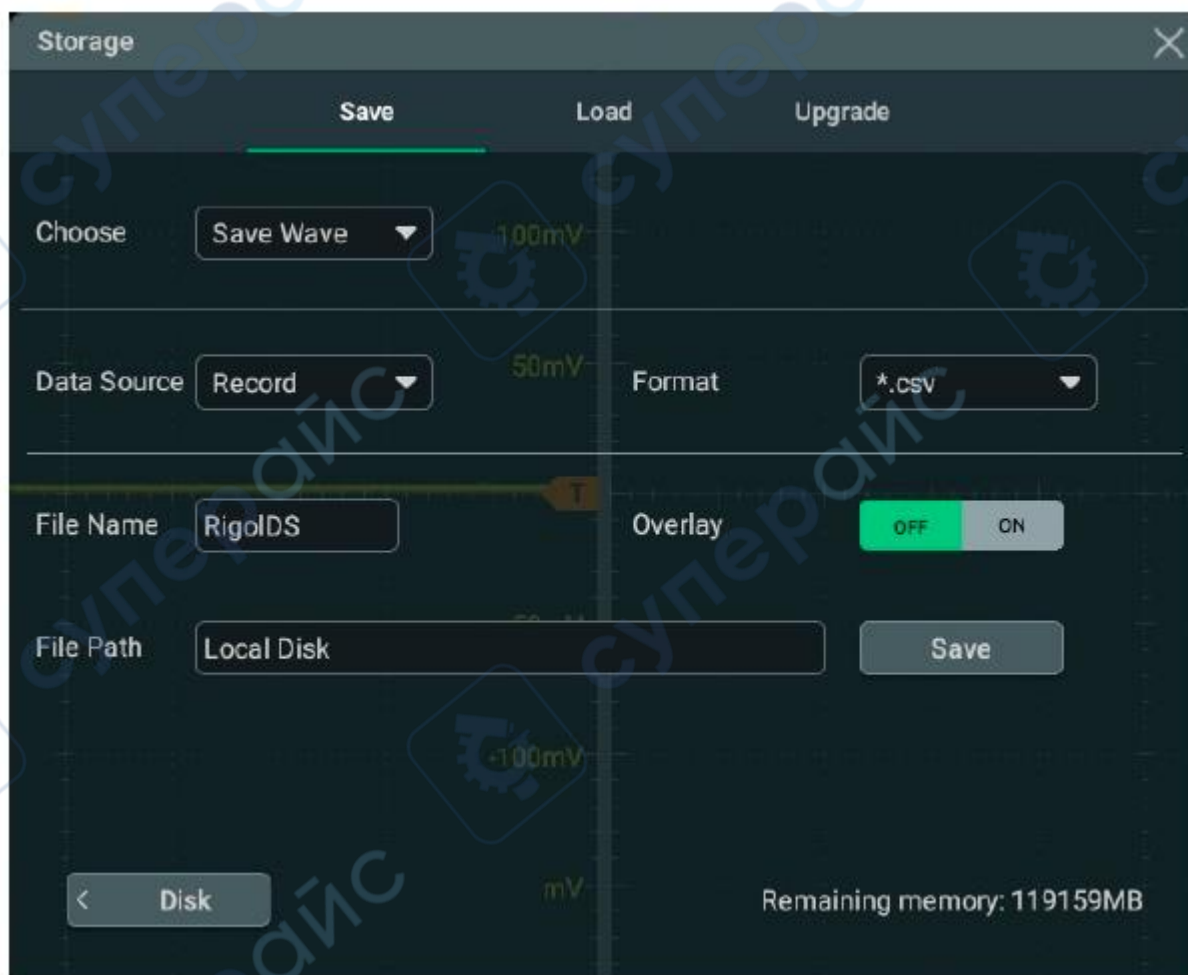
В Choose выберите **Save Image**.

- **Format:** *.png, *.bmp, *.jpg.
- **Invert:** инвертирование изображения.
- **Color:** Gray (серый) или Color (цветной).
- **Header:** при ON в заголовке изображения сохраняются модель прибора и дата создания изображения.

СОБЕТ. Если тип быстрой операции настроен как Save Image либо Save Group с выбранным Save Image, аппаратная клавиша  немедленно сохраняет изображение.

22.2.2 Сохранение осциллограммы

В **Choose** выберите **Save Wave**. Сохраняются основные параметры включенных каналов, включая состояние, вертикальный масштаб и горизонтальную временную базу, а также данные осциллограмм.



Настройки сохранения осциллограммы

Source:

- **Screen** — осциллограммы, отображаемые на экране;
- **Memory** — данные из памяти;
- **Record** — ранее записанные осциллограммы.

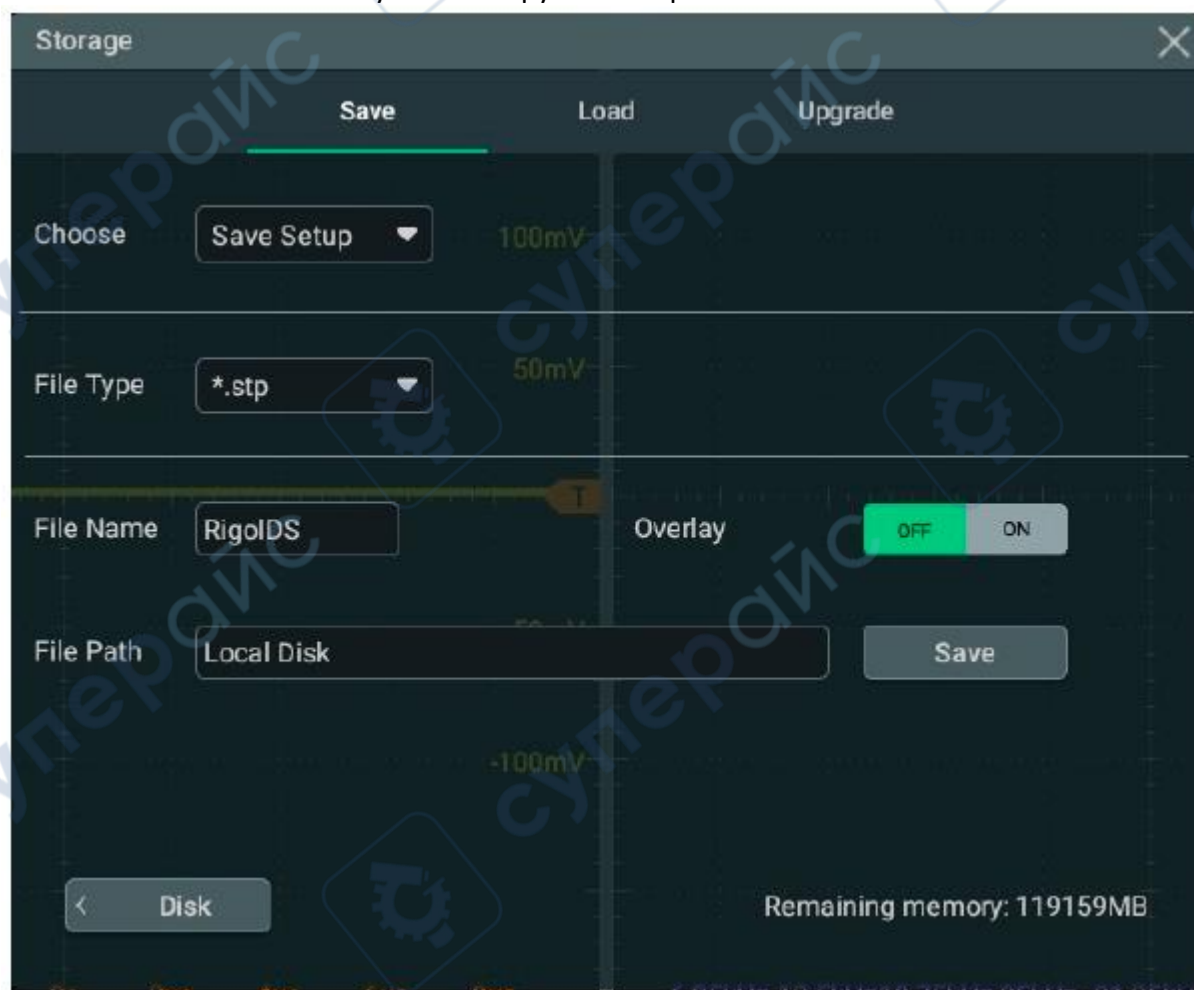
Format:

- Screen: *.bin, *.csv;
- Memory: *.bin, *.csv, *.wfm;
- Record: *.csv.

COBET. Быстрая операция Save Wave либо Save Group с выбранным Save Wave позволяет сохранить файл аппаратной клавишей .

22.2.3 Сохранение настроек

В **Choose** выберите **Save Setup**. Настройки прибора сохраняются в *.stp во внутреннюю или внешнюю память и затем могут быть загружены обратно.



Меню Save Setup

Быстрая операция Save Setup или Save Group с выбранным Save Setup позволяет сохранить настройки аппаратной клавишей .

22.2.4 Двоичный формат данных .bin

Формат BIN сохраняет осциллограммы в двоичном виде вместе с заголовками. Он компактнее ASCII. Если включено несколько каналов, данные каждого отображаемого канала сохраняются последовательно.

Формат BIN-файла

Заголовок файла	Заголовок формы сигнала	Заголовок данных формы сигнала	Данные канала	Заголовок формы сигнала	Заголовок данных формы сигнала	Данные канала
16 байт	140 байт	16 байт	n байт	140 байт	16 байт	n байт

В BIN могут содержаться данные CH1, CH2, CH3, CH4 и математической осциллограммы; фактический набор зависит от сохраненных каналов.

1. File Header (заголовок файла)

В бинарном файле содержится только один заголовок файла. Заголовок файла содержит следующую информацию.

Поле	Размер/описание
Cookie	2 символа RG, указывающие формат бинарного файла RIGOL
Version	2 байта, версия файла
File Size	8-байтовое целое, полный размер файла в байтах, включая заголовок
Number of Waveforms	4-байтовое целое, число сохраненных осциллограмм

2. Waveform Header (Заголовок формы сигнала)

В файле может храниться несколько форм сигналов. Каждая сохранённая форма сигнала имеет собственный заголовок формы сигнала. При сохранении нескольких каналов каждый канал может рассматриваться как отдельная форма сигнала.

Заголовок формы сигнала содержит информацию о типе данных формы сигнала, которые хранятся после заголовка данных формы сигнала.

Поле	Описание
Header Size	4-байтовое целое, размер заголовка
Waveform Type	4-байтовое целое; фиксированное значение в текущем формате — 1. Коды: 0 Unknown, 1 Normal, 2 Peak Detection, 3 Average, 4 Not Used, 5 Not Used, 6 Logic
Number of Waveform Buffers	4-байтовое целое, число буферов; фиксировано 1
Number of Points	4-байтовое целое, число точек
Count	4-байтовое целое; фиксировано 0

Поле	Описание
X Display Range	4-байтовое число float, длительность/диапазон X отображаемой осциллограммы; 0 — данные не получены
X Display Origin	8-байтовое double, X-координата левого края; для временной формы — время начала отображения
X Increment	8-байтовое double, интервал между точками по X
X Origin	8-байтовое double, X-координата первой точки записи
X Units	4-байтовое целое. Коды: 0 Unknown, 1 V, 2 s, 3 Constant, 4 A, 5 dB, 6 Hz; для временных осциллограмм фиксировано 2
Y Units	4-байтовое целое; коды единиц аналогичны X Units
Date	массив 16 символов, дата сохранения
Time	массив 16 символов, время сохранения
Model	массив 24 символов вида MODEL#:SERIAL#
Channel Name	массив 16 символов, метка осциллограммы

3. Заголовок данных формы сигнала (Waveform Data Header)

Форма сигнала может содержать несколько наборов данных. Каждый набор данных формы сигнала имеет собственный заголовок данных формы сигнала. Заголовок данных формы сигнала содержит информацию о соответствующем наборе данных формы сигнала.

Заголовок сохраняется перед набором данных.

Поле	Описание
Header Size	4-байтовое целое, размер заголовка набора данных
Buffer Type	2-байтовое целое: 0 Unknown, 1 Normal 32-bit float, 2 Maximum float, 3 Minimum float, 4 Not Used, 5 Digital unsigned 8-bit character data
Bytes Per Point	2-байтовое целое, число байт на точку
Buffer Size	8-байтовое целое, размер данных текущего канала в байтах

22.3 Загрузка файла через FTP

Файл можно перенести с ПК на локальный диск осциллографа через FTP.

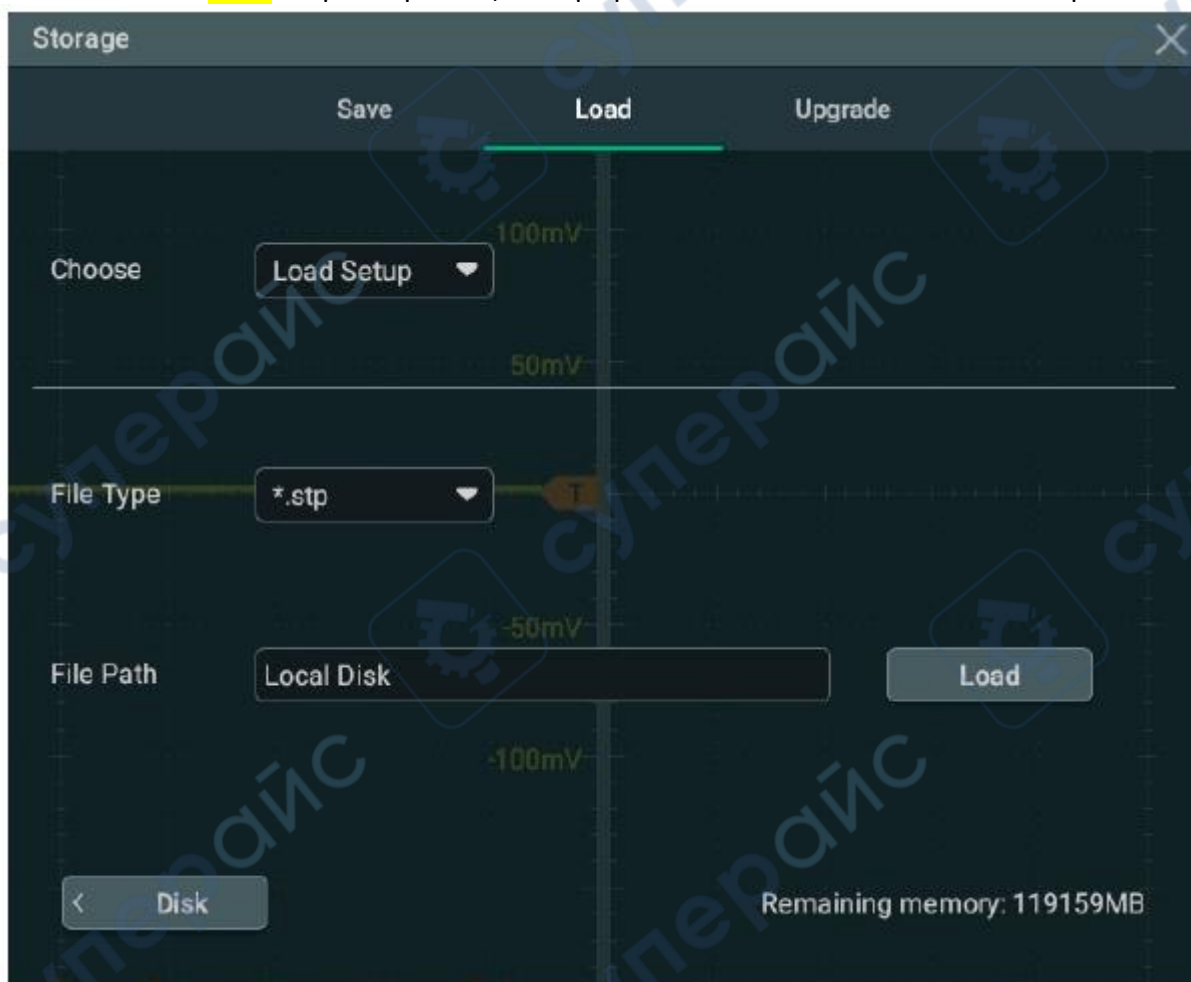
1. Подключите осциллограф к сети через LAN и определите его IP-адрес, например 192.68.0.1.
2. На ПК откройте файловый проводник или браузер и введите ftp://192.68.0.1/.
3. Скопируйте файл в файловую систему осциллографа. После загрузки он доступен в Disk Management.

ПРИМЕЧАНИЕ. Имя файла, загружаемого через FTP, не должно содержать китайские символы.

22.4 Загрузка файла настроек

На вкладке **Load**:

1. **Choose** = Load Setup;
2. тип файла *.stp;
3. **File Path** — выберите файл через Disk Management;
4. нажмите **Load**. Параметры осциллографа обновляются в соответствии с файлом.



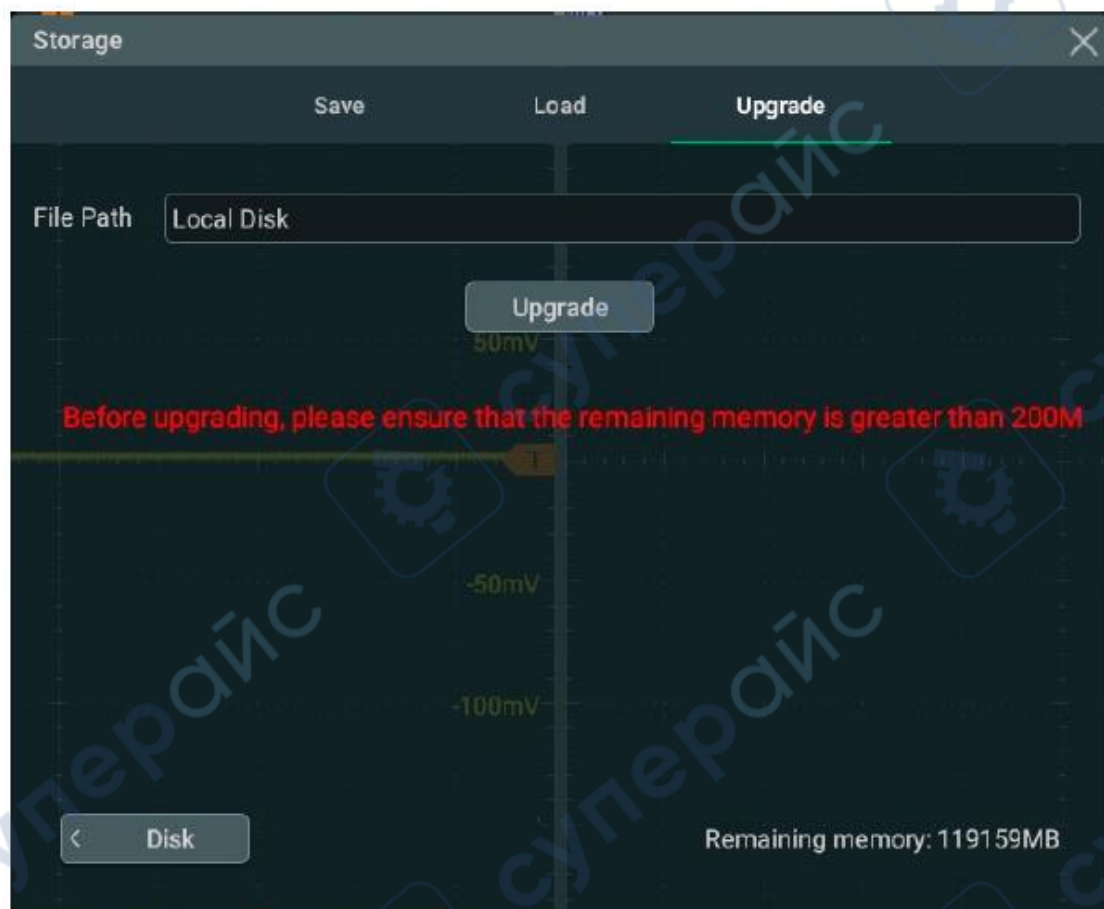
Загрузка Setup

22.5 Обновление

Поддерживается локальное и сетевое обновление.

Local Upgrade

1. Откройте **Storage** > **Upgrade**.



Меню Upgrade

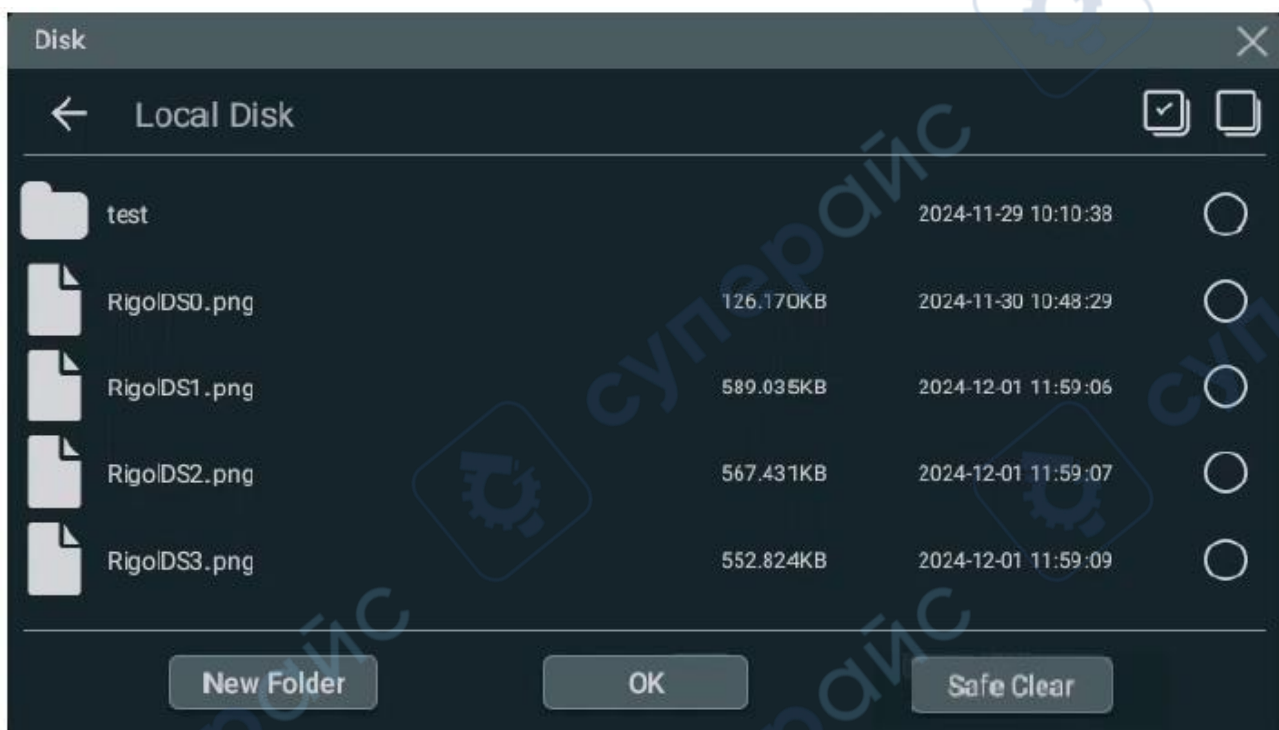
2. В **File Path** выберите файл обновления через Disk Management.
3. Нажмите **Upgrade**.

Online Upgrade

1. Убедитесь, что LAN на задней панели подключен к сети с доступом в Интернет.
2. Откройте навигацию функций .
3. Выберите значок **Upgrade** и запустите сетевое обновление.

22.6 Управление дисками

Откройте **Storage** > **Disk**.



Интерфейс управления дисками

Выбор диска

По умолчанию отображается Local Disk (C). При подключении FAT32 USB Flash появляются Removable USB Disk (D/E...).

Создание папки

Нажмите **New Folder**, введите имя и завершите ввод.

Очистка внутренней памяти

Safe Clear выводит запрос Clear all data from the internal memory?. **Yes** подтверждает полную очистку, **No** отменяет.

Выбор файлов

Перед выполнением операций с файлом или папкой сначала необходимо выбрать требуемый файл или папку.

Нажмите или коснитесь флажка справа от папки. Если флажок установлен, папка выбрана, и рядом отображается соответствующий значок .

Повторное нажатие или касание флажка либо нажатие или касание значка () отменяет выбор. Флажок возвращается в исходное состояние.

Можно одновременно выбрать несколько файлов или папок для выполнения соответствующей операции.

Также можно нажать или коснуться значка () в правом верхнем углу интерфейса, чтобы выбрать все файлы и папки на текущем диске.

Нажмите или коснитесь значка () , чтобы отменить операцию выбора всех элементов.

Cut / Copy / Paste

- Cut → выберите путь назначения → Paste — перемещение файла/папки;
- Copy → выберите путь назначения → Paste — копирование.

Delete

Выберите файл/папку → **Delete** → подтвердите **OK** или отмените **Cancel**.

Rename

Выберите файл/папку → **Rename** → введите новое имя.

23 Системные функции Utility

В Utility настраиваются интерфейсы ввода/вывода и системные параметры. Открытие: нажмите область уведомлений в правом нижнем углу либо  > **Utility**.

23.1 I/O Setting

Откройте **Utility** > **I/O**.

Состояние сети

В зависимости от соединения могут отображаться сообщения:

Network Config Succeeded!,

Acquiring IP...,

IP Conflict!,

DISCONNECTED!,

DHCP Config Failed,

Read Status Fail!,

CONNECTED,

Invalid IP,

IP lost,

Please wait....

MAC Address

MAC-адрес каждого осциллографа уникален и используется для идентификации прибора в сети.

VISA Address

Отображает текущий адрес VISA прибора.

IP Configuration Type

Доступны DHCP, Auto IP, Static IP.

- **DHCP:** сетевые параметры (IP, маска, шлюз, DNS) назначаются DHCP-сервером.
- **Auto IP:** прибор автоматически получает адрес 169.254.0.1–169.254.255.254 и маску 255.255.0.0. Режим действует, если DHCP не выбран или DHCP-соединение не удалось.
- **Static IP:** параметры задаются вручную; DHCP и Auto IP необходимо отключить.
 - IP Address: формат nnn.nnn.nnn.nnn; первый сегмент 0–255, кроме 127, при этом в источнике отдельно указан допустимый диапазон 0–223; остальные сегменты 0–255. Рекомендуется получить адрес у администратора.
 - Subnet: формат nnn.nnn.nnn.nnn, сегменты до 255.
 - Gateway: первый сегмент 0–223, кроме 127; остальные 0–255.
 - DNS: первый сегмент 0–223, кроме 127; остальные 0–255. Обычно отдельная настройка DNS не требуется.

Установленные статические значения сохраняются в энергонезависимой памяти. Если Load Last = Last, при следующем включении и отключенных DHCP/Auto IP прибор загружает последние заданные параметры.

СОБЕТ. Если одновременно включены все три способа, приоритет: DHCP → Auto IP → Static IP. Все три режима нельзя одновременно отключить.

mDNS

Переключатель mDNS включает/отключает multicast DNS, обеспечивающий обнаружение сервисов в небольшой сети без отдельного DNS-сервера.

Host Name

Длина имени узла — не более 26 символов.

GPIB

Для управления по GPIB используйте модуль USB-GPIB и кабель GPIB. Адрес: 1–30; по умолчанию 1.

Apply

Нажмите **Apply**, чтобы применить текущие сетевые настройки.

23.2 Основные настройки

Откройте **Utility** > **Setup**.

Language

Выберите системный язык интерфейса, справки и сообщений из списка **Language**.

Screen Brightness

Яркость экрана: 1–100 %.

Load Last

- Last — восстановить состояние, действовавшее перед последним выключением;
- Default — загрузить заводские настройки.

Power Status

- Switch Off — после подключения питания прибор включается только аппаратной кнопкой Power;
- Switch On — после подачи сетевого питания прибор включается автоматически.

Beeper

При ON звуковой сигнал подается при нажатиях клавиш передней панели, действиях на сенсорном экране и выводе информационных сообщений.

AUX Out

Выберите сигнал разъема **[AUX OUT]**:

- TrigOut — при каждом аппаратном запуске формируется сигнал, частота которого отражает текущую скорость захвата. При этом **Aux Output** в Pass/Fail автоматически отключается;
- PassFail — при событии Pass или Fail формируется положительный/отрицательный импульс. При этом Aux Output в Pass/Fail автоматически включается, а полярность, ширина и тип события задаются в Pass/Fail > Option.

Operation Lock

При включении блокируются сенсорный экран и все клавиши/ручки передней панели, кроме Power.

Для разблокировки нажмите последовательно аппаратные клавиши каналов CH1 (**1**), CH3 (**3**), CH2 (**2**), CH4 (**4**).

Vertical Expansion

- Center — изменение вертикального масштаба выполняется относительно центра экрана;
- GND — относительно уровня земли сигнала.

Display Time

Включает/отключает дату и время в области уведомлений. Формат даты yyyy/mm/dd, времени hh:mm:ss. При соответствующей настройке системное время включается в сохраняемые данные.

Нажмите область Date или Time, прокрутите соответствующие значения и подтвердите OK; закрытие окна отменяет изменение.

23.3 Информация об осциллографе

В **Utility** > **About** отображаются:

- Model — модель;
- Serial Number — серийный номер;
- Firmware — версия прошивки;
- Hardware — версия аппаратной части;
- Build — время сборки программной версии;
- Android.Build — время сборки Android;
- Android.Version — версия Android;
- Launcher — версия оболочки Android;
- WebControl — версия модуля удаленного управления через браузер.

23.4 Другие настройки

EXT 10M IN

ON/OFF включает или отключает вход внешнего опорного тактового сигнала [10MHz REF IN] на задней панели.

Open Source Acknowledgment

Открывает сведения об используемом программном обеспечении с открытым исходным кодом.

23.5 Автоматическая настройка

В Utility > **Auto Config** задаются правила автоматической настройки.

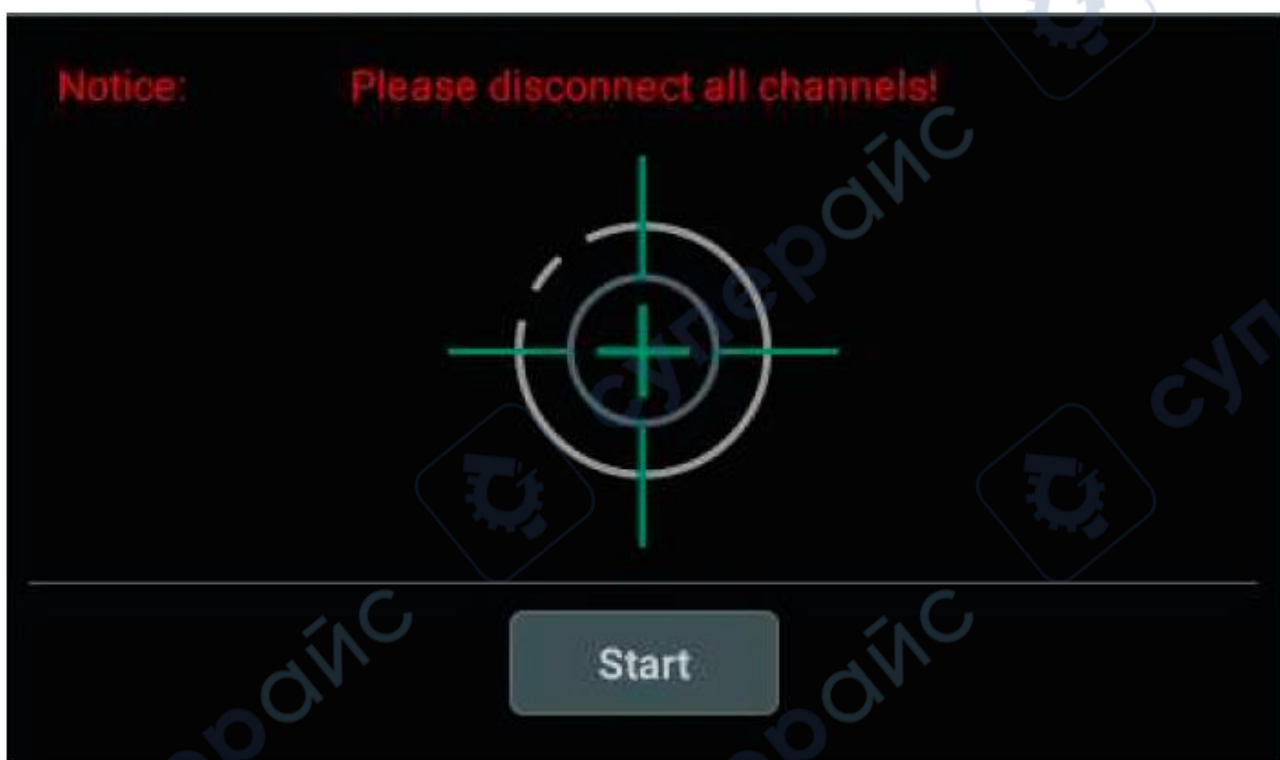
- **Peak to Peak**: при ON приоритет отдается отображению сигнала с большим смещением/размахом.
- **Live CH**:
 - OFF — при AUTO последовательно проверяются все аналоговые каналы; каналы без сигнала отключаются, каналы с сигналом автоматически масштабируются;
 - ON — проверяются только уже включенные каналы.
- **Overlay**:
 - ON — формы разных каналов накладываются;
 - OFF — выводятся последовательно сверху вниз.
- **Keep Coupling**:
 - ON — сохраняет текущую связь входа при AUTO;
 - OFF — по умолчанию устанавливается DC coupling.

23.6 Самокалибровка

Самокалибровка переводит осциллограф в оптимальное состояние для точных измерений. Ее рекомендуется выполнять, особенно если температура изменилась примерно на ± 5 °C относительно условий предыдущей калибровки.

Перед **SelfCal** прибор должен прогреться/проработать не менее 30 мин.

Откройте Utility > **SelfCal**.



Меню Self-calibration

- **Start** — начать самокалибровку;
- **Exit** — прервать выполняемую калибровку;
- **Close** — закрыть информационное окно.

23.7 Список опций

Utility > **Options** показывает установленные и доступные опции.

23.8 Быстрые операции

В меню **Utility** нажмите или коснитесь пункта **Quick**, чтобы войти в меню быстрых операций настройки.

Сохранение изображения

- Нажмите или коснитесь пункта **Save Image**. В текущем меню операций отобразится пункт Save Image.
- В пункте меню **Format** доступны следующие форматы изображения: *.png; *.bmp; *.jpg
- Нажмите или коснитесь вкладки ON/OFF для параметра **Invert**, чтобы включить или отключить функцию инверсии.
- Нажмите или коснитесь пункта Color или Gray в параметре **Color**, чтобы выбрать требуемый цвет сохранения изображения: Color — цветное изображение; Gray — изображение в оттенках серого.

После завершения настройки нажмите кнопку  на передней панели, чтобы выполнить захват текущего изображения экрана и сохранить его в соответствии с заданными параметрами.

Путь сохранения определяется параметром **File Path** в меню **Storage**.

Сохранение формы сигнала

- Нажмите или коснитесь пункта **Save Wave**. В текущем меню операций отобразится пункт Save Wave.

- В параметре **Data Source** выберите источник формы сигнала для сохранения: Memory — память; Screen — экран; Record — запись (доступно только при включённой функции Record и наличии записанных форм сигналов).

- В параметре **Format** доступны следующие форматы: *.bin; *.csv

После завершения настройки нажмите кнопку  на передней панели для захвата текущей формы сигнала и сохранения её в соответствии с заданными параметрами. Путь сохранения определяется параметром **File Path** в меню **Storage**.

Сохранение настроек

Нажмите или коснитесь пункта **Save Setup**. В текущем меню операций отобразится пункт

Save Setup. После завершения настройки нажмите кнопку  на передней панели, чтобы сохранить текущие настройки осциллографа в файл с расширением: *.stp. Путь сохранения определяется параметром **File Path** в меню **Storage**.

Выполнение всех измерений

- Нажмите или коснитесь пункта **All Measure**. В текущем меню операций отобразится пункт All Measure.

- Доступные каналы для функции **All Measure**: CH1–CH8

После завершения настройки нажмите кнопку  на передней панели для выполнения измерения указанного канала.

Сброс статистики

- Нажмите или коснитесь пункта **Stat Reset**. В текущем меню операций отобразится пункт Stat Reset.

- В разделе **Stat Reset** выберите: Measure — измерения; Pass/Fail — проверка прохождения/непрохождения для сброса статистики соответствующей функции.

После завершения настройки нажмите кнопку  на передней панели для сброса списка результатов выбранной функции. После этого прибор перезапускает сбор статистических данных.

Запись форм сигналов

- Нажмите или коснитесь пункта **Record**. В текущем меню операций отобразится пункт Record.

После завершения настройки нажмите кнопку  на передней панели для выполнения записи форм сигналов.

Сохранение группы

- Нажмите или коснитесь пункта **Save Group**. В текущем меню операций отобразится пункт Save Group.

- В разделе **Save Group** выберите один или несколько пунктов из следующих трёх вариантов: Save Image — сохранение изображения; Save Wave — сохранение формы сигнала; Save Setup — сохранение настроек.

После завершения настройки нажмите кнопку **Quick** на передней панели для сохранения выбранного типа данных.

Путь сохранения определяется параметром **File Path** в меню **Storage**.

23.9 Самопроверка

Откройте **Utility** > **Self Check**.

Проверка клавиш

Нажмите Key Test для входа в интерфейс проверки клавиш (виртуальная передняя панель клавиш), как показано на рисунке ниже.



Key Test

В данном режиме можно нажимать клавиши на передней панели для проверки того, подсвечиваются ли соответствующие виртуальные клавиши. Если виртуальная клавиша подсвечивается, это означает, что клавиша работает нормально. Если виртуальная клавиша не подсвечивается, это указывает на наличие неисправности клавиши. Если виртуальная клавиша не загорается, клавиша может быть неисправна. Нажмите **Exit** в левом нижнем углу интерфейса проверки клавиш для выхода из режима проверки клавиш. Также можно три раза

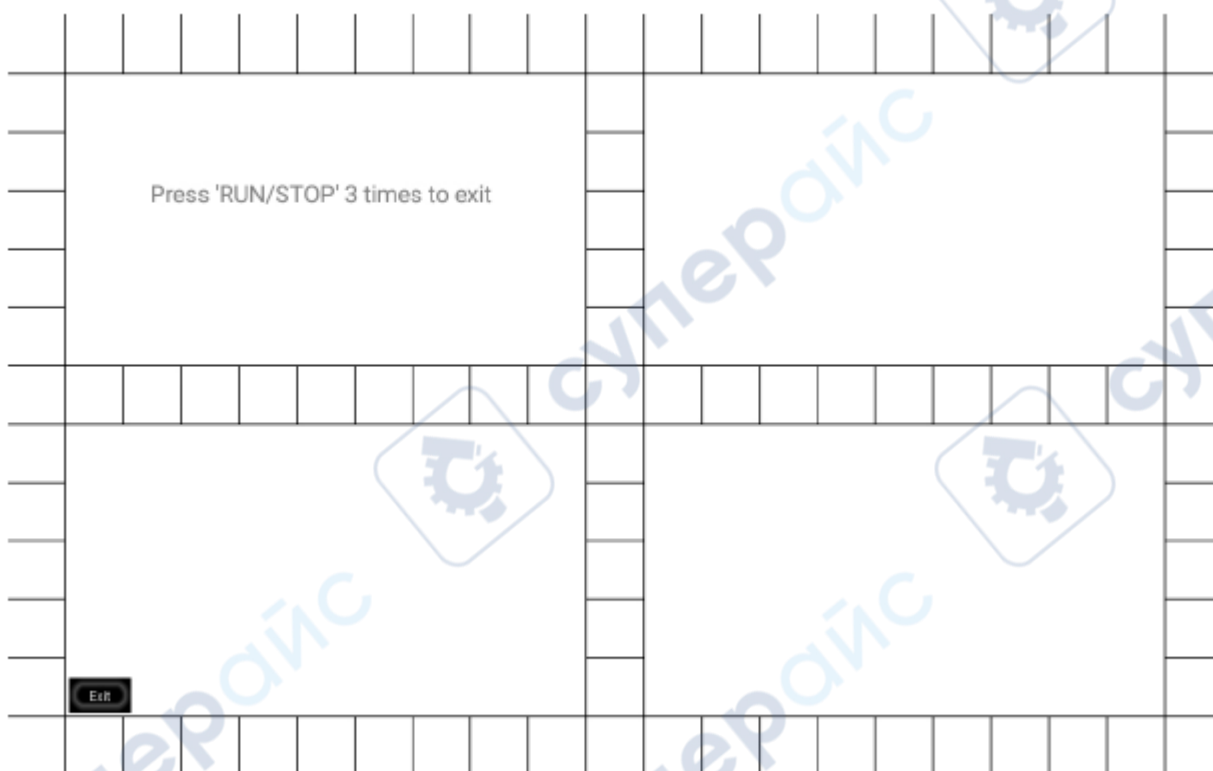
подряд нажать кнопку



на передней панели для выхода из интерфейса проверки клавиш.

Проверка сенсорного экрана

Нажмите **Touch Test** для входа в интерфейс проверки сенсорного экрана, как показано на рисунке ниже.



Интерфейс проверки сенсорного экрана

Проведите пальцем по экрану. Если в пустой области, по которой выполняется движение пальца, отображается линия, а поле, к которому выполняется касание, заполняется зелёным цветом, это означает, что сенсорная функция данной области работает нормально. Нажмите **Exit** в левом нижнем углу интерфейса проверки сенсорного экрана для выхода из режима

проверки. Также можно три раза подряд нажать кнопку  на передней панели для выхода из интерфейса проверки сенсорного экрана.

Проверка дисплея

Нажмите **Screen Test** для входа в интерфейс проверки дисплея и проверки наличия дефектных пикселей.

Доступно 15 тестовых цветовых экранов. Нажмите на экран для перехода к следующему тестовому экрану. Нажмите **Exit** в верхнем левом углу интерфейса проверки сенсорного экрана

для выхода из режима проверки. Также можно три раза подряд нажать кнопку  на передней панели для выхода из интерфейса проверки сенсорного экрана.

Проверка платы

Нажмите **Board Test**, после чего отобразится интерфейс проверки платы. Проверьте, что состояние каждого модуля находится в нормальном рабочем состоянии

24 Дистанционное управление

Поддерживаются следующие способы:

- пользовательское программирование командами SCPI; полный набор команд приведен в Programming Guide соответствующей серии;
- ПО для ПК, рекомендуемое RIGOL Ultra Sigma;
- Web Control через браузер.

При работе с Ultra Sigma общий порядок: установить связь между прибором и ПК, запустить Ultra Sigma и найти ресурс прибора, затем открыть панель удаленных команд.

Web Control

Подключите осциллограф к сети и введите его IP-адрес в адресную строку браузера. Откройте Web Control; интерфейс позволяет наблюдать экран в реальном времени и управлять прибором с ПК, мобильного устройства, iPad или другого совместимого терминала.

Связь с ПК может выполняться через USB, LAN или GPIB с использованием SCPI. При работе по GPIB исходное руководство указывает, что передача больших объемов данных, например снимков экрана и чтение осциллограмм, не поддерживается.

⚠ ВНИМАНИЕ. Перед подключением коммуникационного кабеля выключите прибор, чтобы исключить повреждение интерфейсов связи.

24.1 Управление через USB

1. Подключение устройства

Используйте USB-кабель для подключения интерфейса USB DEVICE на задней панели прибора к интерфейсу USB HOST компьютера.

2. Поиск ресурса устройства

Запустите программу Ultra Sigma. Программное обеспечение автоматически выполнит поиск ресурсов, подключённых к компьютеру через USB-интерфейс. Также можно нажать **USB-TMC** для выполнения поиска ресурсов.

3. Просмотр ресурса устройства

Найденные ресурсы будут отображаться в каталоге "RIGOL Online Resource". Также будут отображены номер модели прибора и информация об интерфейсе USB.

4. Дистанционное управление прибором

Щёлкните правой кнопкой мыши по имени ресурса устройства и выберите "SCPI Panel Control" для открытия панели дистанционного управления командами. После этого можно отправлять команды и считывать данные через данную панель.

Подробную информацию о командах SCPI и программировании см. в Руководстве по программированию данного прибора.

24.2 Управление через LAN

1. Подключение устройства

Используйте сетевой кабель для подключения прибора к локальной сети (LAN).

2. Настройка параметров сети

Настройте параметры сети прибора в меню **Utility > IO**.

3. Поиск ресурса устройства

Запустите программу Ultra Sigma и нажмите **LAN** для открытия панели, показанной на рисунке ниже. Нажмите **Search**. Программное обеспечение выполнит поиск ресурсов приборов, подключённых в данный момент к локальной сети. Найденные ресурсы будут

отображены в правой части окна, как показано на рисунке ниже. Нажмите **OK** для добавления устройства.



Кроме того, можно вручную ввести IP-адрес прибора в текстовое поле "Manual Input LAN Instrument IP", затем нажать **TEST**. Если прибор успешно проходит проверку, нажмите **Add** для добавления прибора в список ресурсов LAN-устройств в правой части окна. Если прибор не проходит проверку, проверьте правильность введенного IP-адреса или используйте автоматический поиск для добавления ресурса прибора.

4. Просмотр ресурса устройства

Найденные ресурсы будут отображаться в каталоге "RIGOL Online Resource".

5. Дистанционное управление прибором

Щёлкните правой кнопкой мыши по имени ресурса устройства и выберите "SCPI Panel Control" для открытия панели дистанционного управления командами. После этого можно отправлять команды и считывать данные через данную панель.

6. Загрузка веб-страницы LXI

Так как данный прибор соответствует стандартам LXI CORE 2011 DEVICE, веб-страницу LXI можно открыть через программу Ultra Sigma. Для этого щёлкните правой кнопкой мыши по имени ресурса прибора и выберите "LXI-Web". На веб-странице будет отображаться различная важная информация о приборе, включая: модель; производителя; серийный номер; описание; MAC-адрес; IP-адрес. Также можно напрямую ввести IP-адрес прибора в адресную строку браузера компьютера для загрузки веб-страницы LXI.

24.3 Управление через GPIB

1. Подключение устройства

Используйте преобразователь интерфейса USB-GPIB для расширения интерфейса GPIB прибора, затем подключите прибор к компьютеру с помощью кабеля GPIB для реализации дистанционного управления.

2. Установка драйвера GPIB-карты

Корректно установите драйвер GPIB-карты, подключённой к компьютеру.

3. Настройка адреса GPIB

Нажмите или коснитесь области уведомлений в правом нижнем углу экрана. После этого отобразится меню **Utility**. Нажмите или коснитесь пункта **IO**, затем нажмите или коснитесь поля ввода **GPIB** для задания адреса GPIB с помощью появившейся цифровой клавиатуры.

4. Поиск ресурса устройства

Запустите программу Ultra Sigma, затем нажмите **GPIB**. Откроется окно. Нажмите **Search**. Программное обеспечение выполнит поиск ресурса прибора, подключённого в данный момент к компьютеру через интерфейс GPIB. Найденный ресурс будет отображён в правой части окна. Нажмите OK для добавления устройства.



Поиск доступного устройства



Подтверждение доступного устройства

5. Просмотр ресурса устройства

Нажмите **OK** для возврата в главное окно программы Ultra Sigma. Найденный ресурс прибора будет отображён в каталоге "RIGOL Online Resource".

6. Дистанционное управление прибором

Щёлкните правой кнопкой мыши по имени ресурса устройства. В открывшемся меню выберите "SCPI Panel Control" для открытия панели управления программными командами. После этого можно вводить команды для их отправки и считывания данных.

25 Поиск и устранение неисправностей

1. При включении прибора экран остаётся чёрным, изображение отсутствует

- a. Проверьте правильность подключения источника питания.
- b. Проверьте, действительно ли нажата кнопка питания.
- c. Проверьте, не перегорел ли предохранитель. При необходимости замены предохранителя используйте только предохранитель указанного типа, соответствующий требованиям изделия.
- d. После выполнения вышеуказанных проверок перезапустите прибор.
- e. Если проблема сохраняется, обратитесь в компанию RIGOL.

2. На экране не отображается форма сигнала

- a. Проверьте правильность подключения пробника к исследуемому объекту.
- b. Проверьте наличие сигнала на исследуемом объекте. Для определения причины неисправности можно подключить выходной сигнал компенсации пробника к неисправному каналу, а затем определить, связана ли проблема с каналом или с исследуемым объектом.
- c. Выполните повторную выборку сигнала.
- d. Если проблема сохраняется, обратитесь в компанию RIGOL.

3. USB-накопитель не распознаётся

- a. Проверьте, нормально ли работает USB-накопитель при подключении к другим приборам или компьютеру.
- b. Убедитесь, что USB-накопитель имеет файловую систему FAT32 и является накопителем флеш-типа. Прибор не поддерживает аппаратные USB-накопители.
- c. После перезапуска прибора повторно подключите USB-накопитель и проверьте его работу.
- d. Если USB-накопитель по-прежнему не работает нормально, обратитесь в компанию RIGOL.

4. Сенсорное управление не работает

- a. Проверьте, не заблокирован ли сенсорный экран. Если экран заблокирован, разблокируйте его.
- b. Проверьте, нет ли загрязнений на экране или пальце (масло, пот и т. п.). При наличии загрязнений очистите экран или вытрите руки.
- c. Проверьте наличие сильного магнитного поля рядом с прибором. Если прибор находится вблизи источника сильного магнитного поля (например, магнита), переместите прибор на безопасное расстояние от источника магнитного поля.
- d. Если проблема сохраняется, обратитесь в компанию RIGOL.