

Цифровые флуоресцентные осциллографы Hantek серии DPO6000 / MPO6000

Инструкция по эксплуатации

1 Обзор устройства	
1.1 Обзор передней панели	
1.2 Обзор задней панели	
1.3 Функции передней панели	5
1.3.1 Знакомство с основными клавишами	5
1.3.2 Пользовательский интерфейс	
2 Система горизонтального управления	
2.1 Режимы временной базы	
2.1.1 Режим ҮТ	
2.1.2 Режим ХҮ	
2.1.3 Режим прокрутки (Roll Mode)	
3 Система вертикального управления	
3.1 Включить аналоговый канал	
3.2 Связь канала (Channel Coupling)	
3.3 Ограничение полосы пропускания	
3.4 Инверсия осциллограммы	
3.5 Коэффициент деления пробника	
3.6 Вертикальный масштаб	
3.7 Настройка задержки аналогового канала	
4 Система триггера	21
4.1 Источник триггера	
4.2 Процесс захвата	
4.3 Режимы триггера	
4.4 Задержка срабатывания триггера	
4.5 Типы триггера	24
4.5.1 Триггер по фронту	

Содержание

1 Обзор устройства

1.1 Обзор передней панели

Ниже кратко описывается передняя панель осциллографа серии 6000.



N⁰	Описание
1	ЖК-дисплей
2	Клавиши отображения/скрытия меню
3	Кнопка источника сигнала (серия источников сигнала)
4	Многофункциональный регулятор
5	Кнопки функций меню
6	Система регулировки уровня
7	Система управления триггером
8	Быстрые клавиши (Запуск/Останов, Одинарный, Автоподстройка)
9	Система вертикального управления
10	Источник сигнала 2 выходного канала
11	Входные каналы сигнала СН1 ~ СН4
12	Источник сигнала 1 выходного канала
13	Входные каналы сигнала LA1 ~ LA4 (серия MPO6000)
14	Выходной сигнал компенсации зонда/Земля
15	USB-хост порт
16	Кнопка питания

1.2 Обзор задней панели



1. Ручка

Для удобства переноски осциллографа потяните ручку вертикально. Когда она не нужна, просто нажмите на ручку.

2. Разъем питания переменного тока

Вход питания переменного тока. Используйте прилагаемый шнур питания для подключения осциллографа к сети переменного тока и нажмите кнопку питания на передней панели, чтобы включить его.

3. Выход триггера порта AUX - пройден/не пройден [опционально] Выход триггера:

Когда осциллограф генерирует триггер, через этот интерфейс может быть выведен импульс. Указанный импульс является сигналом текущей скорости захвата осциллографа. Подключите данный сигнал к устройству отображения формы сигнала и измерьте частоту сигнала. Результат измерения такой же, как и текущая скорость захвата.

Пройдено/не пройдено:

В тесте «pass/fail», когда осциллограф обнаруживает неисправность, он выводит импульс через этот разъем. Если неисправность не обнаружена, через этот разъем будет постоянно выдаваться низкий уровень.

4. Выход источника сигнала 3 [серия MPO6000EDU]

Выход источника сигнала 3 предназначен только для 3-канального источника сигнала, встроенного в осциллограф. Когда источник сигнала 3 осциллографа включен, порт источника сигнала выводит сигналы в соответствии с текущими настройками.

5. USB-устройство

Этот интерфейс позволяет подключать осциллограф к компьютеру или принтеру.

При подключении к компьютеру пользователи могут отправлять команды SCPI или специальные программы для управления осциллографом через программное обеспечение главного компьютера. Когда принтер подключен, пользователь распечатывает сигнал, отображаемый на экране, через принтер.

6. LAN / UART

LAN

Подключите осциллограф к сети через этот интерфейс для удаленного управления. Данный осциллограф соответствует стандарту приборов класса LXI CORE 2011 DEVICE и может быстро создать тестовую систему.

UART [опционально]

Этот интерфейс подключает осциллограф к системе управления для удаленного управления.

7. Интерфейс HDMI [опционально]

С помощью этого интерфейса вы можете подключить осциллограф к монитору с дисплеем HDMI, чтобы получить дисплей большего размера

1.3 Функции передней панели

1.3.1 Знакомство с основными клавишами

Система управления уровнем

Горизонтальное смещение

Изменяет горизонтальное смещение. При вращении ручки точка синхронизации смещается влево или вправо относительно центра экрана. Во время регулировки осциллограммы всех каналов сдвигаются по горизонтали, при этом информация о горизонтальном смещении в правом верхнем углу экрана обновляется в реальном времени.

Нажатие на эту ручку позволяет быстро сбросить горизонтальное смещение.



Горизонтальная развертка (базовое время)

Изменяет горизонтальную базу времени. Поворот ручки по часовой стрелке уменьшает базу времени, а против часовой стрелки — увеличивает. Во время регулировки осциллограммы всех каналов масштабируются (растягиваются или сжимаются), а информация о базе времени в верхней части экрана обновляется в реальном времени.

Нажатие на эту ручку позволяет быстро переключаться между режимами отображения в одном и двух окнах.

Система вертикального управления



1 2 3 4	Переключатель каналов аналогового входа. Нажмите любую из кнопок, чтобы открыть меню соответствующего канала, и нажмите повторно, чтобы отключить канал.
Math	Math: Нажмите кнопку "Math", чтобы открыть меню настроек математических функций, и нажмите снова для закрытия функции Math.
	Вертикальное смещение: Изменяет вертикальное смещение осциллограммы текущего канала. Поверните ручку по часовой стрелке для увеличения смещения, против часовой стрелки — для уменьшения. Во время регулировки осциллограмма перемещается вверх или вниз, а информация о смещении, отображаемая в правом верхнем углу экрана, обновляется в реальном времени. Нажмите на эту ручку для быстрого обнуления вертикального смещения.
ð	Вертикальное напряжение: Изменяет вертикальный масштаб (амплитуду) отображения сигнала текущего канала. Поверните ручку по часовой стрелке, чтобы уменьшить масштаб (переключить на меньшую чувствительность), или против часовой стрелки — для увеличения масштаба (увеличить чувствительность). Во время регулировки амплитуда отображаемой осциллограммы увеличивается или уменьшается, а информация о масштабе в левом нижнем углу экрана обновляется в реальном времени. Нажмите на эту ручку для быстрого переключения режима регулировки масштаба между "Грубо" (Coarse) и "Точно" (Fine).



WaveGen:

Нажмите эту кнопку для входа в интерфейс настройки источника сигнала. Здесь можно задать форму сигнала и параметры выходного сигнала, формируемого источником сигнала.

Примечание: Данная функция доступна только для цифровых осциллографов, оснащённых каналами источника сигнала.

Управление триггером

Уровень триггера:



Изменяет уровень триггера. Поверните ручку по часовой стрелке для увеличения уровня и против часовой стрелки — для его уменьшения. Во время изменения линия уровня триггера перемещается вверх и вниз, при этом, значение в окне сообщения об уровне триггера в правом верхнем углу экрана меняется в режиме реального времени. Нажмите эту ручку, чтобы быстро восстановить уровень триггера к нулевой отметке источника

данных триггера.



Force

Trig

Auto

TrigMenu:

Нажмите эту клавишу, чтобы открыть меню управления триггером. В этом осциллографе предусмотрены различные типы триггеров.

|--|

Короткое нажатие этой клавиши принудительно запускает сигнал триггера. Удерживание этой

кнопки открывает отображение сохранённых (исторических) осциллограмм..

Автоматическое отображение осциллограммы

AutoScale:

Нажмите эту клавишу, чтобы включить функцию автоматической настройки формы сигнала. Осциллограф автоматически настроит масштаб по вертикали, развертку по горизонтали и режим триггера в соответствии с входным сигналом для достижения наилучшего отображения формы сигнала.

1.00	Run/Stop:
(Run Stop	Нажмите эту кнопку для запуска или остановки выборки сигнала.
\sim	В режиме Run (работа) загорается зелёная подсветка кнопки.
	В режиме Stop (остановка) — красная подсветка.

Одинарный триггер

Single	Single: Нажмите эту кнопку, чтобы установить режим триггера осциллографа в положение "Single" (одиночный).
	В режиме одиночного триггера нажмите кнопку "Force Trig", чтобы немедленно сгенерировать триггерный сигнал.

Многофункциональный регулятор

-	
Q	
0	
123	
1 m	
- <u>AB</u>	

V0:

Многофункциональный регулятор используется для выполнения различных настроек, таких как регулировка яркости осциллограммы, времени триггера, выбор типа триггера, выбор источника триггера, форма сигнала источника, частота, смещение, амплитуда и т. д.

Индикатор многофункционального регулятора не загорается, если меню неактивно. Во время настройки индикатор активируется. Поверните ручку для изменения значений перечисленных выше параметров:

по часовой стрелке — для увеличения значения;

против часовой стрелки — для уменьшения.

Нажатие на регулятор подтверждает выбор текущей опции.

Default

Кратковременное нажатие этой кнопки запускает установку параметров по умолчанию. Длительное нажатие открывает меню пресетов функции Default, где можно выбрать заводские настройки, пользовательские или значения по умолчанию.

Help:

Нажмите эту кнопку для включения или отключения встроенной системы справки.

Utility:

Нажмите эту кнопку для входа в меню системных настроек. Здесь задаются параметры и функции, связанные с системой, такие как интерфейс, звук, язык и др. Также доступны некоторые расширенные функции, например, автоматические тесты на прохождение/ непрохождение.

Cursor:

Нажмите эту кнопку для входа в меню измерений с помощью курсора. Осциллограф поддерживает два режима курсора: ручной и отслеживающий.

Measure

Нажмите эту кнопку для входа в меню настроек измерений. Здесь можно задать источник данных для измерения, включить или выключить цифровой мультиметр, задать параметры всех измерений и статистики.

Нажмите кнопку "All Measurements" для запуска измерения 42 параметров сигнала. Результаты измерений отображаются в нижней части экрана.

Save/Recall:

Кратковременное нажатие этой кнопки открывает интерфейс сохранения и загрузки файлов. Поддерживаются следующие типы файлов: настройки (setup), осциллограммы, эталонные формы (reference), файлы в формате CSV. Поддерживается как внутренняя, так и внешняя память, а также управление файлами.

Длительное нажатие сохраняет изображение экрана в формате .bmp на внешнее устройство хранения.

Display:

Кратковременное нажатие этой кнопки открывает меню настройки отображения. Здесь можно задать тип отображения сигнала, время послесвечения, яркость осциллограммы, сетку экрана и яркость сетки.

Длительное нажатие очищает остаточное изображение (afterglow) и запускает повторный сбор или подсчёт данных.

1.3.2 Пользовательский интерфейс



1. Торговая марка Hantek

Откройте раздел **«Touch Screen» (Сенсорный экран)** в меню **«Utility»**, затем коснитесь логотипа **Hantek** в левом верхнем углу экрана → отсканируйте QR-код для быстрого перехода к мастеру настройки (wizard interface).

2. Состояние работы осциллографа

• **AUTO** — автоматический режим: осциллограф работает в автоматическом режиме и захватывает сигналы без необходимости триггера.

• **READY** — режим ожидания: все предтриггерные данные захвачены, осциллограф готов к запуску триггера.

• **TD** — триггер сработал.

• **ROLL** — режим прокрутки: осциллограф непрерывно захватывает и отображает данные осциллограммы.

- **STOP** остановка: осциллограф прекратил захват данных.
- **ARM** состояние предтриггера.

3. Основная база времени текущего окна

Показывает длительность времени, приходящуюся на одно деление по горизонтальной оси экрана.

4. Текущая частота дискретизации и количество точек

Отображает текущую частоту дискретизации и глубину памяти аналоговых каналов. Эти параметры изменяются при изменении горизонтальной базы времени.

5. Память осциллограммы

Форма волны в памяти



6. Временная метка срабатывания триггера по горизонтали

Регулируется с помощью ручки горизонтального смещения. Нажатие на ручку быстро сбрасывает горизонтальное смещение.

7. Уровень триггера

Регулируется с помощью ручки уровня триггера. Нажатие на ручку быстро сбрасывает уровень триггера.

8. Меню операций

Отображает различную информацию, соответствующую каждой функциональной кнопке.

9. Отображение текущего времени

Показывает системное время осциллографа.

10. Индикация статуса Wi-Fi

Показывает состояние подключения к сети Wi-Fi.

11. Индикация подключения по локальной сети (LAN)

Если значок активен, подключение по LAN установлено.

12. Индикация статуса USB-накопителя

Если значок активен — USB-накопитель подключён.

13. Индикация подключения к USB-хосту

Если значок активен — осциллограф подключён к USB-хост-компьютеру.

14. Индикация статуса логического анализатора (LA)

Если значок активен — логические каналы подключены.

15. Индикация статуса канала Gen3 [только серия MPO6000EDU]

Если значок активен — канал Gen3 включён.

16. Индикация статуса канала Gen2 [серия с источниками сигнала] Если значок активен — канал Gen2 включён.

17. Индикация статуса канала Gen1 [серия с источниками сигнала] Если значок активен — канал Gen1 включён.

18. Индикация канала СН4 [для осциллографов с 4 каналами] Если значок активен — канал СН4 включён.

19. Индикация канала СНЗ [для осциллографов с 4 каналами] Если значок активен — канал СНЗ включён.

20. Индикация канала СН2

Если значок активен — канал СН2 включён.

21. Индикация канала СН1

Если значок активен — канал СН1 включён.

22. Индикация положения нулевой отметки канала

23. Индикация положения уровня триггера по каналу

2 Система горизонтального управления

2.1 Режимы временной базы

На передней панели нажмите Utility \rightarrow Acquisition \rightarrow Display Mode для входа в меню управления режимами отображения.

Кнопка F2 открывает меню выбора режима временной базы.

Осциллографы серий DPO6000 / MPO6000 поддерживают три режима отображения временной базы:

- Режим ҮТ (по умолчанию)
- Режим ХҮ
- Режим прокрутки (Rolling)

2.1.1 Режим ҮТ

В этом режиме:

- Ось **Y** отображает напряжение.
- Ось Х время.

Примечание: При установке горизонтальной базы времени на значение **100 мс/дел** или более, осциллограф переходит в **режим сканирования** (Scan mode).

В режиме YT при временной базе **100 мс/дел или медленнее**, осциллограф работает в режиме сканирования, при котором:

- Сначала собираются данные слева от точки триггера.
- Затем устройство ожидает выполнения условия триггера.
- После срабатывания триггера продолжается сбор данных справа от точки триггера.
 - В завершение отображается полная осциллограмма.

Рекомендация: Для наблюдения сигналов низкой частоты в режиме сканирования установите режим связи канала (**Channel Coupling**) в положение **DC**.

Дополнительно доступны режимы отображения:

YT: отображение в одном окне

•



ҮТ: отображение в двух окнах



2.1.2 Режим ХҮ

В режиме ХҮ осциллограф преобразует отображение из напряжение-время в напряжение-напряжение:

- Ось Х и У формируются из двух входных каналов.
- Возможные комбинации каналов: СН1–СН2 или СН3–СН4.

Этот режим используется, например, в методе Лиссажу (Lissajous method) для измерения фазового сдвига между двумя сигналами одинаковой частоты.

Ниже (в оригинале) приведена иллюстрация принципа измерения фазового сдвига с помощью Лиссажу.



Схема измерения разности фаз

Согласно $\sin \theta = \frac{A}{B}_{B}$ или $\sin \theta = \frac{C}{D}_{D}$, θ - это угол разности фаз между каналами, а определения A, B, C и D показаны на рисунке выше. Таким образом, можно получить угол разности фаз, то есть:

$$\theta = \pm \arcsin \frac{A}{B} = \frac{1}{B} - \frac{1}{B} = \frac{1}{B} - \frac{1}{B} = \frac{1}{B} - \frac{1}{B} = \frac{1}{B} - \frac{1}{B} = \frac{1}{B} = \frac{1}{B} - \frac{1}{B} = \frac{1}{B$$

Если большая ось эллипса находится в квадрантах I и III, то полученный угол разности фаз должен быть в квадранте III, то есть в пределах (0 до π / 2) или (3π / 2 до 2π). Если большая ось эллипса находится в квадрантах II и IV, то полученный угол разности фаз должен быть в

квадрантах II и III, то есть в пределах (π / 2 до π) или (π до 3π / 2). Функция X-Y может использоваться для проверки изменения фазы сигнала через цепь схемы. Подключите осциллограф к схеме и проконтролируйте входные и выходные сигналы схемы.

Примечание:

Когда включен режим ХҮ, режим сканирования автоматически отключается.

В режиме ХҮ осциллограф автоматически выбирает комбинацию каналов «CH1-CH2» или «CH3-CH4».

В режиме XY: «Режим Scan», «Векторное отображение», «Декодирование протокола», «Режим сбора данных», «Тест на соответствие/несоответствие», «Цифровой канал», «Время послесвечения» не действуют.

Режим ХҮ: отображение в одном окне

Пример измерения: определение фазового сдвига между входными сигналами двух каналов.

Порядок выполнения:

1. Подключите синусоидальный сигнал к каналу СН1, затем подключите к каналу СН2 другой синусоидальный сигнал той же частоты и амплитуды, но со сдвигом фазы 90°.

2. Нажмите кнопку AutoScale, затем установите вертикальное смещение каналов CH1 и CH2 в 0 В.

3. Выберите режим отображения ХҮ, затем с помощью ручки горизонтальной базы времени отрегулируйте частоту дискретизации для получения чёткой фигуры Лиссажу, удобной для наблюдения и измерений.

4. Отрегулируйте вертикальный масштаб (напряжение/деление) каналов СН1 и СН2, чтобы осциллограмма была хорошо видна. При корректной настройке вы должны увидеть окружность, как показано на рисунке ниже.



 По измерению, основанному на принципе фазового сдвига (см. схему выше), получаем: А / В (или С / D) = 1, следовательно: угол фазового сдвига между сигналами двух каналов:

 $\theta = \pm \arcsin 1 = 90^{\circ}$



Режим ХҮ: отображение в двух окнах

В этом режиме отображаются два окна одновременно — одно с традиционным представлением YT (напряжение–время), другое в XY (напряжение–напряжение).

Это позволяет одновременно отслеживать форму сигнала во времени и проводить фазовый/амплитудный анализ с помощью фигуры Лиссажу.

2.1.3 Режим прокрутки (Roll Mode)

В этом режиме осциллограмма плавно прокручивается справа налево, обновляя изображение в реальном времени. Диапазон настройки горизонтальной базы времени: от 100 мс/дел до 100 с/дел.



Примечание: при включении режима прокрутки следующие функции становятся недоступны:

- Горизонтальное смещение (Horizontal Shift)
- Режим двойного окна (Dual Window Mode)
- Декодирование протоколов (Protocol Decoding)
- Тест «Прошел / Не прошел» (Pass / Fail Test)
- Сегментированный сбор данных (Segment Acquisition)
- Время послесвечения (Persistence Time)
- Работа с триггером (Triggering Oscilloscope)

3 Система вертикального управления

3.1 Включить аналоговый канал

Серия DPO6000 / MPO6000 обеспечивает 4 аналоговых входных канала CH1-CH4. Метод настройки вертикальной системы для 4 аналоговых каналов совершенно одинаков. В этой главе в качестве примера используется CH1 для ознакомления с методом настройки вертикальной системы. После подключения сигнала к разъему канала CH1 нажмите кнопку 1 на передней панели. Индикатор CH1 загорается, указывая на то, что CH1 включен. Нажмите кнопку 1 еще раз. Индикатор CH1 гаснет, указывая на то, что CH1 выключен.





Канал закрыт

3.2 Связь канала (Channel Coupling)

Настройка режима связи (сопряжения) канала позволяет отфильтровывать нежелательные компоненты сигнала. Например: если измеряемый сигнал — прямоугольная форма с DC-смещением, можно выбрать подходящий режим связи.

Доступны следующие режимы:

• **DC** (постоянный ток): Пропускает как DC, так и AC компоненты входного сигнала (применяется по умолчанию)

• **> АС (переменный ток):** Блокирует DC-компоненту, позволяя наблюдать только переменную составляющую сигнала.

• **СПО (земля):** Полностью блокирует и DC, и AC компоненты — используется для калибровки нулевого уровня.

Как изменить режим связи канала:

1. Нажмите кнопку 1 → Coupling.

2. Используйте многофункциональный регулятор для выбора нужного режима связи. По умолчанию установлен режим DC.

3. Текущий режим отображается в нижней части экрана в индикаторе состояния канала.

4. Также можно быстро переключать режимы, многократно нажимая кнопку F1

[V0].

Отображение описания иконки:



3.3 Ограничение полосы пропускания

Осциллографы серий DPO6000 / MPO6000 поддерживают функцию ограничения полосы пропускания, которая позволяет уменьшить уровень шума на отображаемой осциллограмме.

Пример применения:

Если измеряемый сигнал представляет собой импульс с высокочастотными колебаниями, то:

• При выключенном ограничении полосы пропускания — все высокочастотные компоненты сигнала проходят и отображаются.

• При ограничении полосы пропускания до 20 МГц — высокочастотные компоненты сигнала ослабляются или полностью подавляются.

Управление режимом ограничения полосы:

1. Нажмите кнопку 1, затем многократно нажимайте F2, чтобы переключать состояние ограничения полосы пропускания.

2. По умолчанию функция отключена — в меню канала отображается серый символ "В".

3. При включении ограничения (режим 20 МГц), в индикаторе состояния канала в нижней части экрана появляется яркий символ "В".

Примечание: Ограничение полосы пропускания ослабляет или устраняет высокочастотные составляющие сигнала, что снижает уровень помех (шума).

Обозначения на экране:



Полная полоса пропускания канала



Ограничение полосы до 20 МГц активно

3.4 Инверсия осциллограммы

Для включения или отключения функции инверсии осциллограммы нажмите: 1 → Invert.

• При выключенной инверсии осциллограмма отображается в обычной (исходной) форме.

• При включённой инверсии значения напряжения сигнала инвертируются по вертикальной оси, т.е. сигнал зеркалируется относительно нулевого уровня (как показано на рисунке ниже).



Инвертирование выкл.

Инвертирование вкл.

3.5 Коэффициент деления пробника

Осциллографы серий DPO6000 / MPO6000 позволяют вручную задавать коэффициент деления (ослабления) подключённого пробника.

Для настройки коэффициента деления:

1. Нажмите кнопку 1 \rightarrow Probe.

2. Используйте многофункциональный регулятор для выбора требуемого значения коэффициента пробника (например, 1:1, 10:1, 100:1 и т.д.).

3.6 Вертикальный масштаб

Вертикальный масштаб — это значение напряжения, соответствующее одному делению по вертикали на экране осциллографа. Обычно обозначается как В/дел (V/div).

Регулировка вертикального масштаба

1. Нажмите кнопку 1.

2. Поверните регулятор VERTICAL SCALE, чтобы изменить вертикальный масштаб:

• Поворот по часовой стрелке — уменьшает масштаб (уменьшает чувствительность).

Поворот против часовой стрелки — увеличивает масштаб (повышает чувствительность).

Во время регулировки:

• Отображаемая амплитуда сигнала изменяется.

• В нижней части экрана, в индикаторе состояния канала, в реальном времени отображается текущее значение масштаба.

Диапазон настройки

Диапазон вертикального масштаба зависит от установленного коэффициента деления пробника. При коэффициенте X1 по умолчанию, вертикальный масштаб регулируется от 500 мкВ/дел до 10 В/дел.

Режимы регулировки масштаба

Доступны два режима регулировки: Грубая (Coarse) иТочная (Fine).

▶ Грубая регулировка (например, против часовой стрелки):

Масштаб изменяется по шагам 1–2–5:

- 500 мкВ/дел
- 1 мВ/дел
- 2 мВ/дел
- 5 мВ/дел
- 10 мВ/дел
- 20 мВ/дел
- 50 мВ/дел
- 100 мВ/дел ... до 10 В/дел.

• Точная регулировка:

Позволяет более плавно и точно изменять масштаб, что особенно полезно при недостаточной точности отображения в соседних грубых значениях; потребности в более точной визуализации амплитуды и детализации формы сигнала.

Примечание: переключение между режимами грубой и точной регулировки можно выполнять как через меню масштабирования амплитуды, так и коротким нажатием на регулятор вертикального масштаба.

3.7 Настройка задержки аналогового канала

При проведении измерений с помощью осциллографа задержка распространения сигнала по кабелю пробника может вносить значительные ошибки, в частности — нулевое смещение (zero drift).

Осциллографы серий DPO6000 / MPO6000 позволяют пользователю вручную установить время задержки для коррекции нулевого смещения соответствующего канала.

Что такое нулевое смещение?

Нулевое смещение — это расхождение между точкой пересечения осциллограммы и линией уровня триггера и фактической позицией триггера на временной шкале. (См. иллюстрацию.)



Как задать коррекцию задержки:

• Поверните многофункциональный регулятор V0, чтобы установить требуемое значение времени задержки. Диапазон настройки: от –100 нс до +100 нс.

2. Нажмите на регулятор V0, чтобы сбросить задержку до 0,00 с (по умолчанию).

4 Система триггера

Триггер можно понимать как событие или действие, запускающее процесс. Например, нажатие на кнопку затвора фотоаппарата — это триггер, который запускает процесс записи изображения.

Для осциллографа триггер — это условие, при выполнении которого начинается запись осциллограммы (данных выборки) и отображение сигнала на экране.

Роль триггера в цифровом осциллографе

Цифровой осциллограф непрерывно собирает данные вне зависимости от того, установлен триггер или нет. Однако:

• Только при устойчивом триггере достигается стабильное отображение осциллограммы.

• Модуль триггера обеспечивает запуск каждой временной развёртки или выборки по заданному условию триггера.

• Таким образом, каждая выборка синхронизируется с событием, и сигналы накладываются стабильно, формируя чёткое изображение на экране.

Важность правильной настройки триггера

Параметры триггера должны настраиваться в соответствии с характеристиками входного сигнала. Пользователь должен иметь представление о тестируемом сигнале, чтобы быстро зафиксировать нужную форму сигнала.

Осциллограф серии DPO6000 / MPO6000 поддерживает разнообразные типы триггеров, что позволяет пользователю точно наблюдать интересующие участки сигнала.

Основная задача триггера

Триггер определяет момент начала захвата данных и отображения осциллограммы. При корректной настройке триггера осциллограф может преобразовать нестабильное или пустое отображение в стабильную и осмысленную осциллограмму.

4.1 Источник триггера

Для выбора источника данных для триггера:

1. Перейдите в меню **Trig Menu**.

2. В области управления триггером на передней панели выберите требуемый источник данных.

В осциллографах серий DPO6000 / MPO6000 в качестве источника триггера могут использоваться как аналоговые, так и цифровые каналы:

▶ Аналоговые каналы:

Каналы СН1-СН4 могут быть выбраны в качестве источника триггера.

Важно: если выбранный канал триггера не активирован, он рассматривается как недействительный источник триггера, и захват сигнала не произойдёт.

▶ Цифровые каналы:

Можно использовать только те цифровые каналы, которые подключены к осциллографу. Доступные цифровые каналы: D1.0–D1.3, D2.0–D2.3, D3.0–D3.3, D4.0–D4.3

Примечание: При использовании цифровых каналов в качестве источника триггера некоторые методы триггера становятся недоступны, например:

Slope (по фронту)

- Video (по видеосигналу)
- Window (по окну)
- Under Amp (по амплитуде ниже порога) и др.

4.2 Процесс захвата

Ниже приведена схема процесса захвата, иллюстрирующая работу осциллографа при регистрации сигнала.

Для упрощения понимания принципа срабатывания триггера, память захвата условно делится на две части:

- Область предтриггерной памяти (Pre-trigger memory)
- Область посттриггерной памяти (Post-trigger memory)

	Событие-тригтер
Pre-trigger Buffer	Post-trigger Buffer
Предварительный буфер	Предварительный буфер

Область хранения данных осциллограмм

Общая последовательность:

1. После запуска осциллографа начинается непрерывный сбор данных, которые временно сохраняются в буфере памяти захвата.

2. До наступления триггерного события, данные записываются в предтриггерную область. Эта область работает в режиме циклической перезаписи: новые данные постепенно вытесняют старые.

- 3. После выполнения условия триггера, осциллограф:
- о Останавливает запись в предтриггерную область,
- Начинает запись данных в посттриггерную область,
- Формирует полную осциллограмму, содержащую данные до и после события триггера.

4. Затем сформированная осциллограмма сохраняется в области отображения осциллограммы и выводится на экран.

Этот механизм обеспечивает возможность:

- Захвата сигнала, предшествующего событию (например, аномалия до импульса),
- Синхронизированного отображения повторяющихся сигналов,
- Анализа полной временной картины вокруг триггера.

4.3 Режимы триггера

Осциллографы серий DPO6000 / MPO6000 поддерживают несколько режимов триггера, обеспечивая гибкость при захвате и отображении сигналов в различных условиях измерений.

1. Автоматический режим (Auto Mode)

• Позволяет осциллографу выполнять захват данных без наличия допустимого триггера.

• При установке временной базы 100 мс/дел или медленнее, осциллограф выполняет развертку без триггера.

• Если в процессе захвата возникает допустимое условие триггера, осциллограф завершает триггерный захват.

• Если триггер не обнаружен, выполняется захват без триггера.

Режим Auto используется для непрерывного отображения сигнала даже при отсутствии устойчивого триггера.

2. Нормальный режим (Normal Mode)

• Обновление осциллограммы происходит только при наличии допустимого триггера.

• До появления нового триггера на экране отображается последняя зафиксированная осциллограмма.

• Используется, когда необходимо наблюдать только сигналы, удовлетворяющие заданному условию триггера.

В этом режиме осциллограф не обновляет экран, пока не произойдёт следующее срабатывание триггера.

3. Одиночный триггер (Single Mode)

• Осциллограф ожидает одного допустимого триггера, после чего выполняет захват и останавливается.

• Для выполнения одиночного захвата нажмите кнопку Single на панели управления.

Используется для захвата одиночных, редко возникающих или одноразовых событий.

4.4 Задержка срабатывания триггера

Для настройки функции задержки триггера, нажмите кнопку TrigMenu, затем выберите пункт Hysteresis (в контексте данного прибора — задержка).

Назначение функции Holdoff

Функция Trigger Holdoff используется для стабилизации сложных форм сигналов, таких как амплитудно-модулированные (AM) сигналы и последовательности импульсов.

Задержка триггера — это интервал времени между фиксацией одного триггера и возможностью принять следующий. В течение этого времени осциллограф не реагирует на новые события триггера.



Применение

• При анализе последовательности импульсов можно настроить задержку так, чтобы осциллограф срабатывал только на первый импульс в каждом пакете, игнорируя остальные.

• Это обеспечивает стабильное отображение сигнала и позволяет легко визуализировать повторяющиеся структуры.

Использование функции Holdoff повышает точность и удобство захвата сложных сигналов, предотвращая нежелательные многократные срабатывания.

4.5 Типы триггера

Осциллографы серий DPO6000 / MPO6000 поддерживают до 16 типов триггера, что позволяет точно захватывать различные сигналы, включая сложные и цифровые протоколы.

Доступные типы триггера:

1. **Edge (по фронту)** Срабатывает при достижении заданного уровня сигнала на **восходящем или нисходящем фронте**.

2. **Pulse (по длительности импульса)** Срабатывает при обнаружении импульса с длительностью **больше, меньше или равной** заданному значению.

3. **Video (по видеосигналу)** Предназначен для синхронизации по видеостандартам (NTSC, PAL, SECAM и др.).

4. Slope (по скорости нарастания/спада сигнала) Срабатывает при достижении заданного уровня скорости изменения сигнала (dV/dt).

5. **Overtime (по превышению времени)** Срабатывает, если сигнал остаётся в заданном состоянии дольше установленного времени.

6. Window (по окну значений) Срабатывает, когда сигнал входит в заданное окно значений или выходит за его пределы.

7. **Pattern (по шаблону)** Срабатывает при совпадении **наборов логических** состояний нескольких цифровых входов.

8. Interval (по интервалу времени) Срабатывает, когда интервал между двумя событиями превышает или меньше заданного времени.

9. **Under Amp (по пониженной амплитуде)** Срабатывает при амплитуде сигнала ниже заданного порога.

10. **Delay (по задержке)** Срабатывает через определённый промежуток времени или количество событий **после первичного условия**.

11. Setup/Hold (по установке/удержанию) Используется для временного анализа цифровых сигналов — проверка временных характеристик установки и удержания данных.

12. UART (по протоколу UART) (опционально) Анализ и захват событий передачи данных по UART.

13. LIN (по протоколу LIN) *(опционально)* Триггер по шине LIN (Local Interconnect Network), применяемой в автомобильной электронике.

14. **CAN (по протоколу CAN)** *(опционально)* Анализ событий передачи по шине **CAN** (Controller Area Network).

15. SPI (по протоколу SPI) (опционально) Захват событий Serial Peripheral Interface — синхронного последовательного интерфейса.

16. **IIC (по протоколу I²C)** *(опционально)* Триггер по протоколу **Inter-Integrated Circuit**, широко применяемому в цифровой электронике.

Некоторые из указанных триггеров относятся к опциональным функциям и могут быть доступны только при установленной соответствующей опции.

4.5.1 Триггер по фронту

В данной инструкции рассматривается только базовый тип триггера — по фронту (Edge).

Триггер по фронту определяет момент срабатывания, отслеживая заданный фронт сигнала (восходящий, нисходящий или оба) при пересечении определённого уровня напряжения.



Настройка триггера по фронту:

1. Нажмите кнопку Trig Menu на передней панели для вызова меню настроек триггера.

2. В пункте [Тип] (Туре) выберите значение Edge (по фронту) и подтвердите нажатием на ручку VO.

- 3. В пункте [Источник данных] (Data Source) выберите один из каналов:
- о СН1–СН4 аналоговые каналы
- LA логический анализатор

Примечание: при выборе LA, модуль логического анализатора должен быть физически подключён.

- 4. В пункте [Фронт] (Slope) выберите тип срабатывания:
- о Восходящий фронт (Rising)
- Нисходящий фронт (Falling)
- о Оба фронта (Both) Подтвердите выбор нажатием на VO.
- 5. В пункте [Режим] (Mode) выберите режим сбора данных:
- о Auto автоматический
- Normal нормальный Подтвердите нажатием V0.

6. В пункте [50%] — установка уровня триггера в среднюю точку амплитуды (по центру между минимумом и максимумом). Значение уровня отображается в верхнем правом углу экрана.

7. В пункте [Holdoff] — установка времени задержки перед повторным триггером (см. Trigger Holdoff).

Регулировка уровня триггера:

• **Аналоговые каналы:** Используйте ручку регулировки **Trigger Level**, чтобы изменить уровень триггера. Индикатор уровня будет перемещаться вверх или вниз на экране. Плавно отрегулируйте для получения устойчивой фиксации сигнала.

• Цифровые каналы (LA): Задание порогового уровня осуществляется через меню. Это позволяет установить напряжение, при котором будет срабатывать триггер на логических входах.

Примечание: При нажатии кнопки AutoScale осциллограф автоматически:

- Устанавливает тип триггера по фронту (Edge)
- Выбирает восходящий фронт (Rising Edge) как условие триггера