



**Hantek®**

## **Цифровые флуоресцентные осциллографы Hantek серии DPO6000 / MPO6000**

### **Инструкция по эксплуатации**

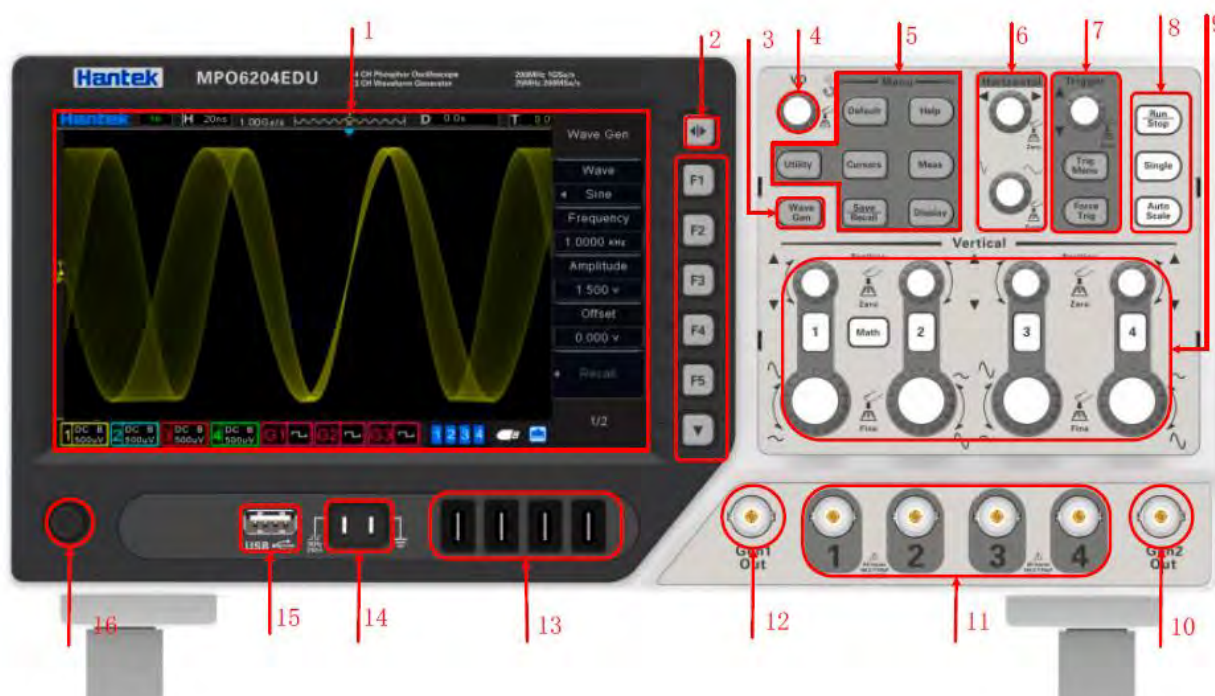
## Содержание

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 1 Обзор устройства .....                        | 3  |
| 1.1 Обзор передней панели .....                 | 3  |
| 1.2 Обзор задней панели .....                   | 4  |
| 1.3 Функции передней панели .....               | 5  |
| 1.3.1 Знакомство с основными клавишами .....    | 5  |
| 1.3.2 Пользовательский интерфейс .....          | 10 |
| 2 Система горизонтального управления .....      | 12 |
| 2.1 Режимы временной базы .....                 | 12 |
| 2.1.1 Режим YT .....                            | 12 |
| 2.1.2 Режим XY .....                            | 14 |
| 2.1.3 Режим прокрутки (Roll Mode) .....         | 16 |
| 3 Система вертикального управления .....        | 17 |
| 3.1 Включить аналоговый канал .....             | 17 |
| 3.2 Связь канала (Channel Coupling) .....       | 17 |
| 3.3 Ограничение полосы пропускания .....        | 18 |
| 3.4 Инверсия осциллограммы .....                | 18 |
| 3.5 Коэффициент деления пробника .....          | 19 |
| 3.6 Вертикальный масштаб .....                  | 19 |
| 3.7 Настройка задержки аналогового канала ..... | 20 |
| 4 Система триггера .....                        | 21 |
| 4.1 Источник триггера .....                     | 21 |
| 4.2 Процесс захвата .....                       | 22 |
| 4.3 Режимы триггера .....                       | 22 |
| 4.4 Задержка срабатывания триггера .....        | 23 |
| 4.5 Типы триггера .....                         | 24 |
| 4.5.1 Триггер по фронту .....                   | 25 |

## 1 Обзор устройства

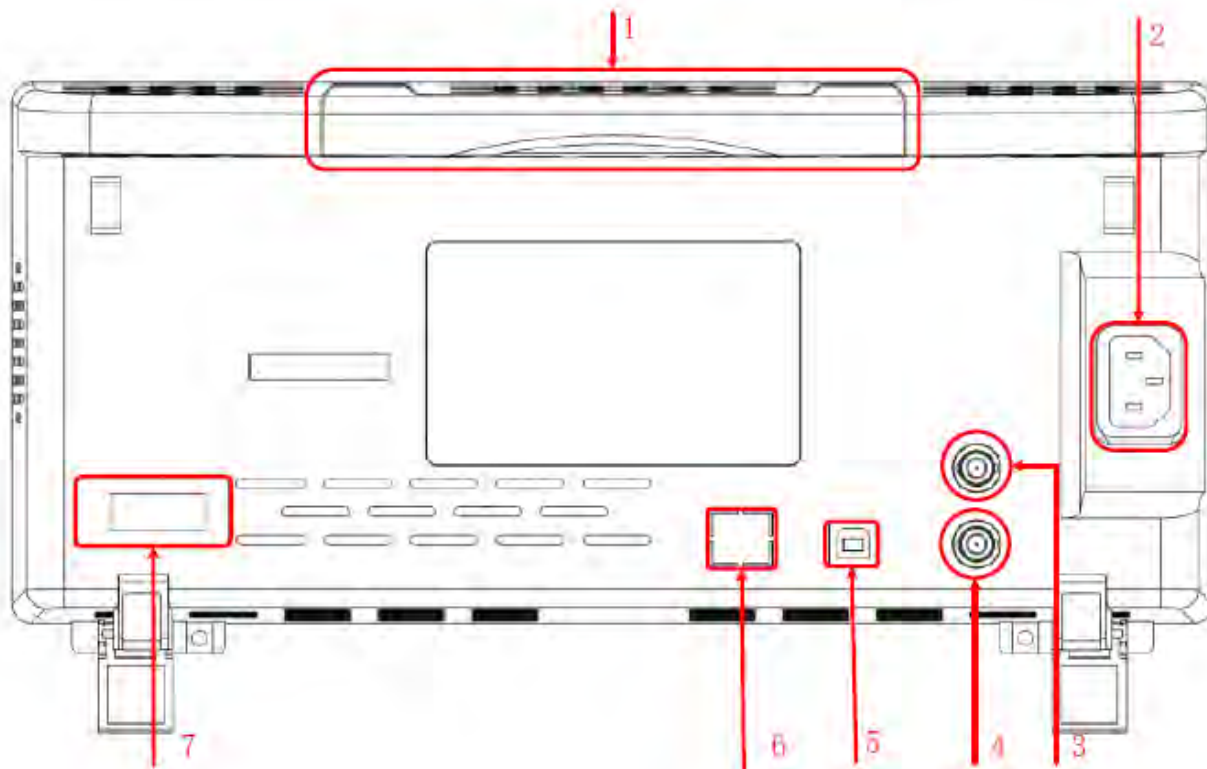
### 1.1 Обзор передней панели

Ниже кратко описывается передняя панель осциллографа серии 6000.



| №  | 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 CH1 ~ CH4                            |
| 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)

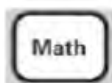
Изменяет горизонтальную базу времени. Поворот ручки по часовой стрелке уменьшает базу времени, а против часовой стрелки — увеличивает. Во время регулировки осциллограммы всех каналов масштабируются (растягиваются или сжимаются), а информация о базе времени в верхней части экрана обновляется в реальном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

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

## Система вертикального управления



Переключатель каналов аналогового входа. Нажмите любую из кнопок, чтобы открыть меню соответствующего канала, и нажмите повторно, чтобы отключить канал.



### **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.



### **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).

## Источник сигнала



### 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.



### TrigMenu:

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



### ForceTrig:

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.

## Управление запуском



### Run/Stop:

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

## Одинарный триггер



### 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



### 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.

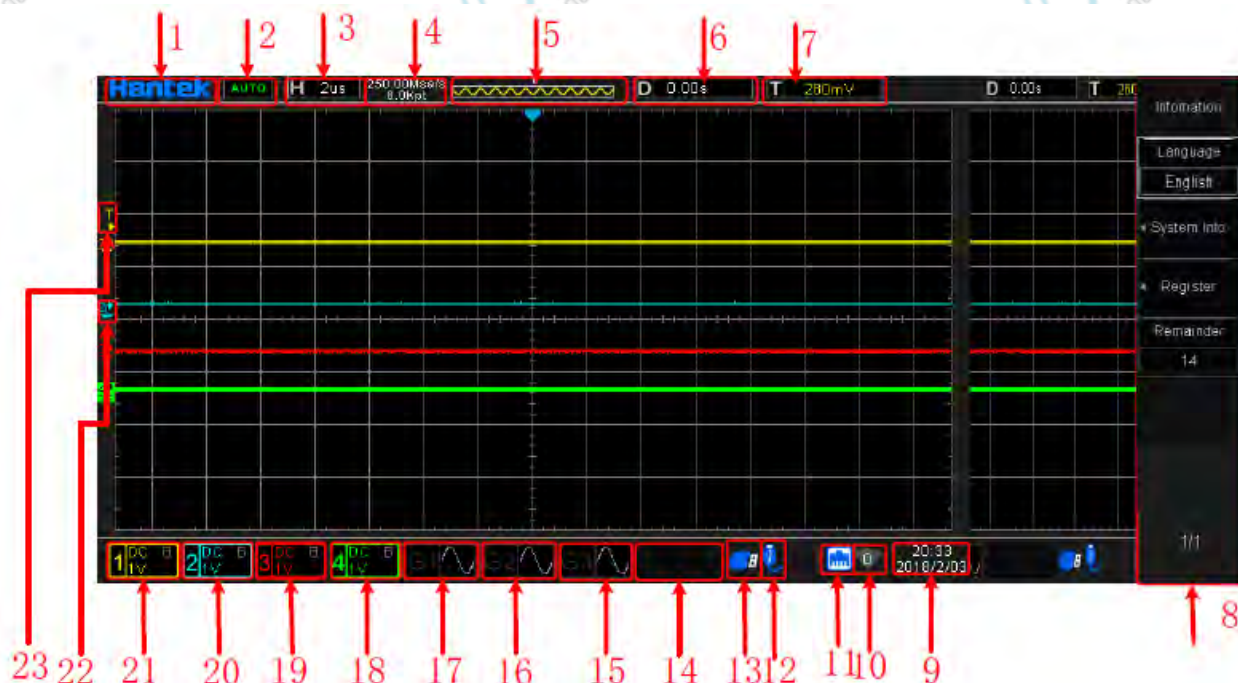
Длительное нажатие сохраняет изображение экрана в формате .bmp на внешнее устройство хранения.

### **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 подсчет 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



## 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 CH4 [для осциллографов с 4 каналами]

Если значок активен — канал CH4 включён.

---

### 19. Индикация канала CH3 [для осциллографов с 4 каналами]

Если значок активен — канал CH3 включён.

---

### 20. Индикация канала CH2

Если значок активен — канал CH2 включён.

---

### 21. Индикация канала CH1

Если значок активен — канал CH1 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** → **Acquisition** → **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 YT** (по умолчанию)
- **Режим XY**
- **Режим прокрутки (Rolling)**

#### 2.1.1 Режим YT

В этом режиме:

- Ось **Y** отображает напряжение.
- Ось **X** — время.

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

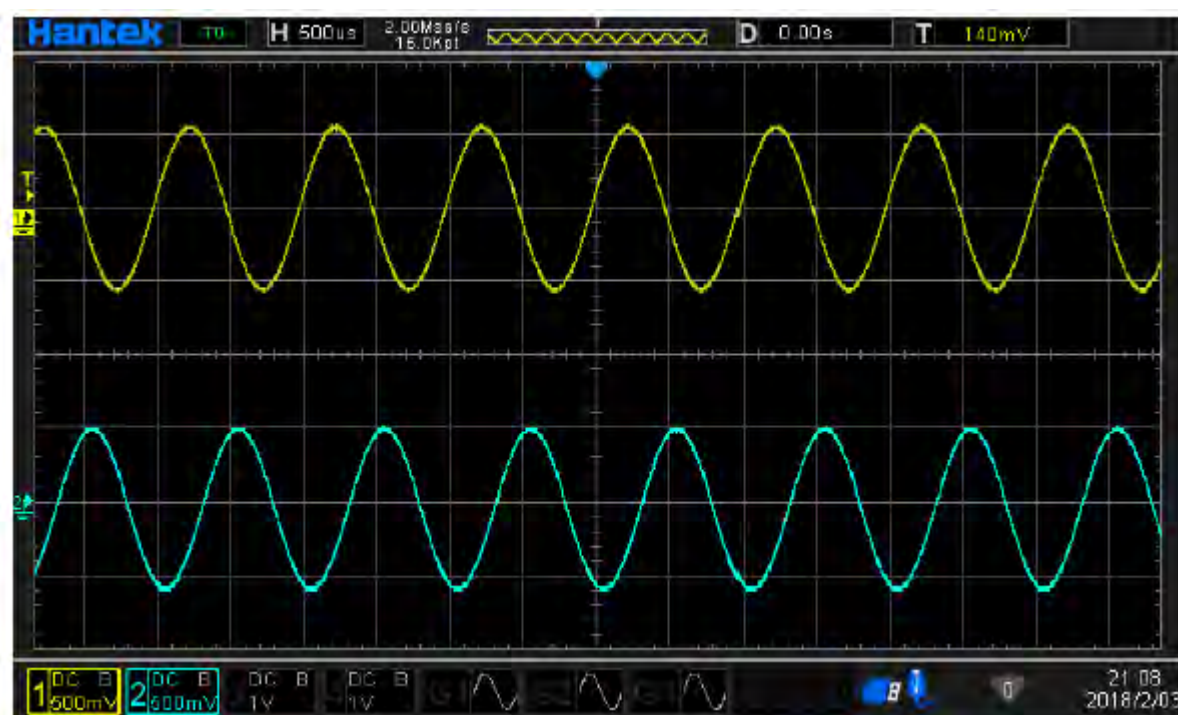
В режиме YT при временной базе **100 мс/дел или медленнее**, осциллограф работает в режиме сканирования, при котором:

- 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.

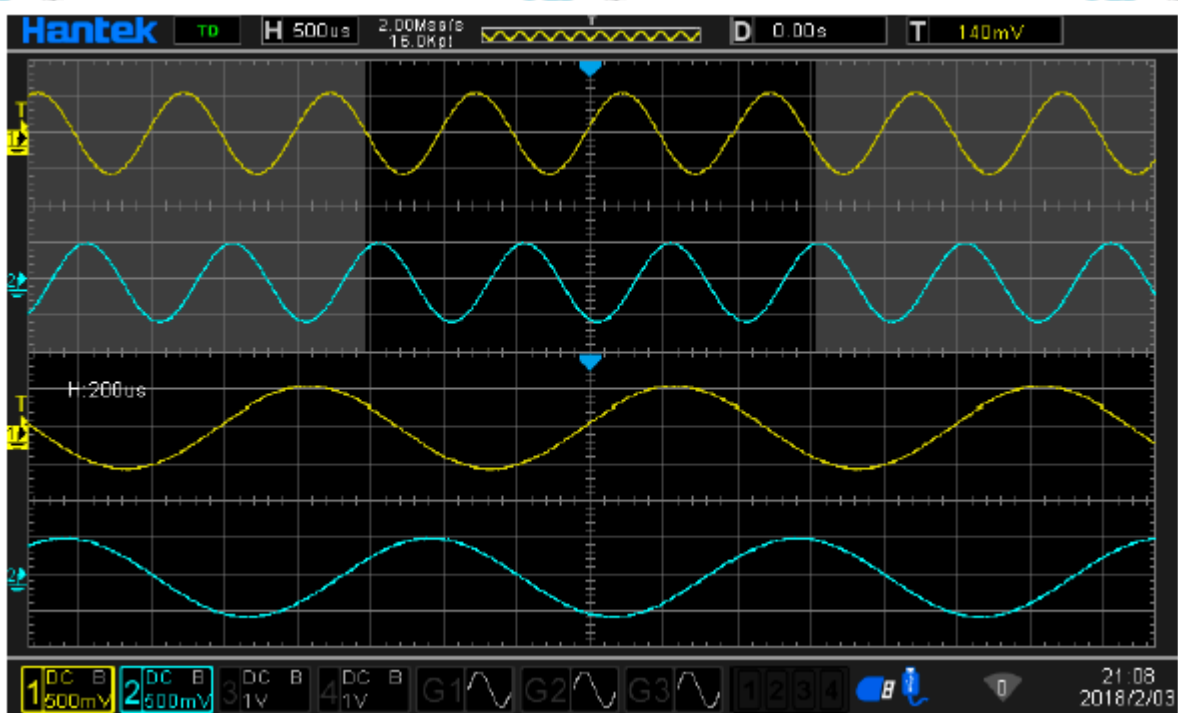
**Рекомендация:** Для наблюдения сигналов низкой частоты в режиме сканирования установите режим связи канала (**Channel Coupling**) в положение **DC**.

Дополнительно доступны режимы отображения:

- **YT: отображение в одном окне**



- **YT: отображение в двух окнах**



### 2.1.2 Режим XY

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

- Ось X и Y формируются из двух входных каналов.
- Возможные комбинации каналов: CH1–CH2 или CH3–CH4.

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.

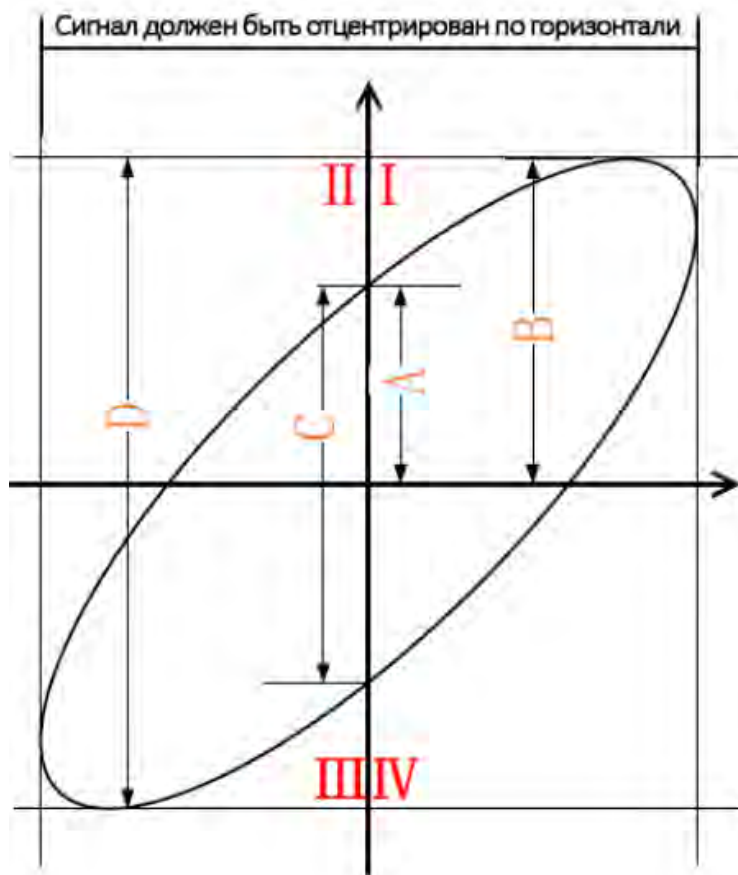


Схема измерения разности фаз

Согласно  $\sin \theta = \frac{A}{B}$  или  $\sin \theta = \frac{C}{D}$ ,  $\theta$  - 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:

$$\theta = \pm \arcsin \frac{A}{B} \quad \text{или} \quad \theta = \pm \arcsin \frac{C}{D}$$

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  $\pi / 2$ ) или ( $3\pi / 2$  до  $2\pi$ ). 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 ( $\pi / 2$  до  $\pi$ ) или ( $\pi$  до  $3\pi / 2$ ). 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 XY, режим сканирования автоматически отключается.

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

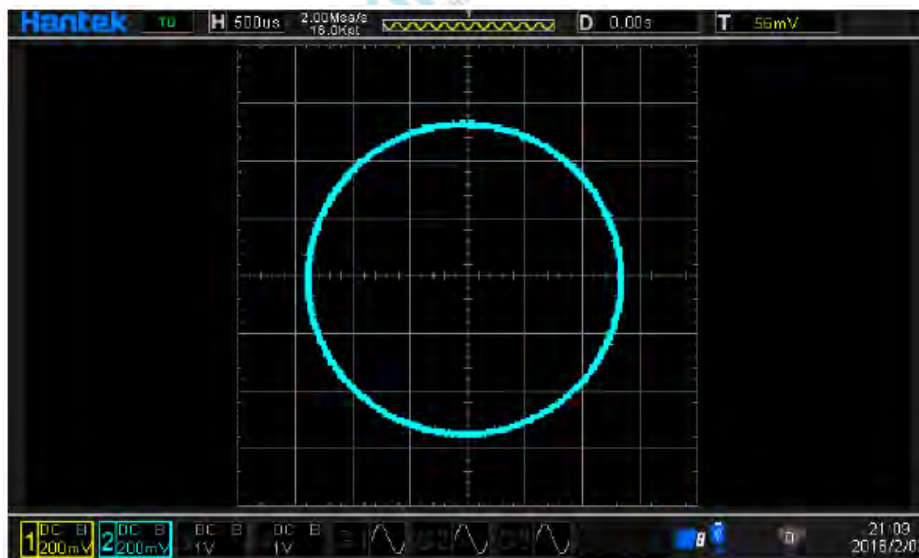
В режиме XY: «Режим Scan», «Векторное отображение», «Декодирование протокола», «Режим сбора данных», «Тест на соответствие/несоответствие», «Цифровой канал», «Время послесвечения» не действуют.

**Режим XY: отображение в одном окне**

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

**Порядок выполнения:**

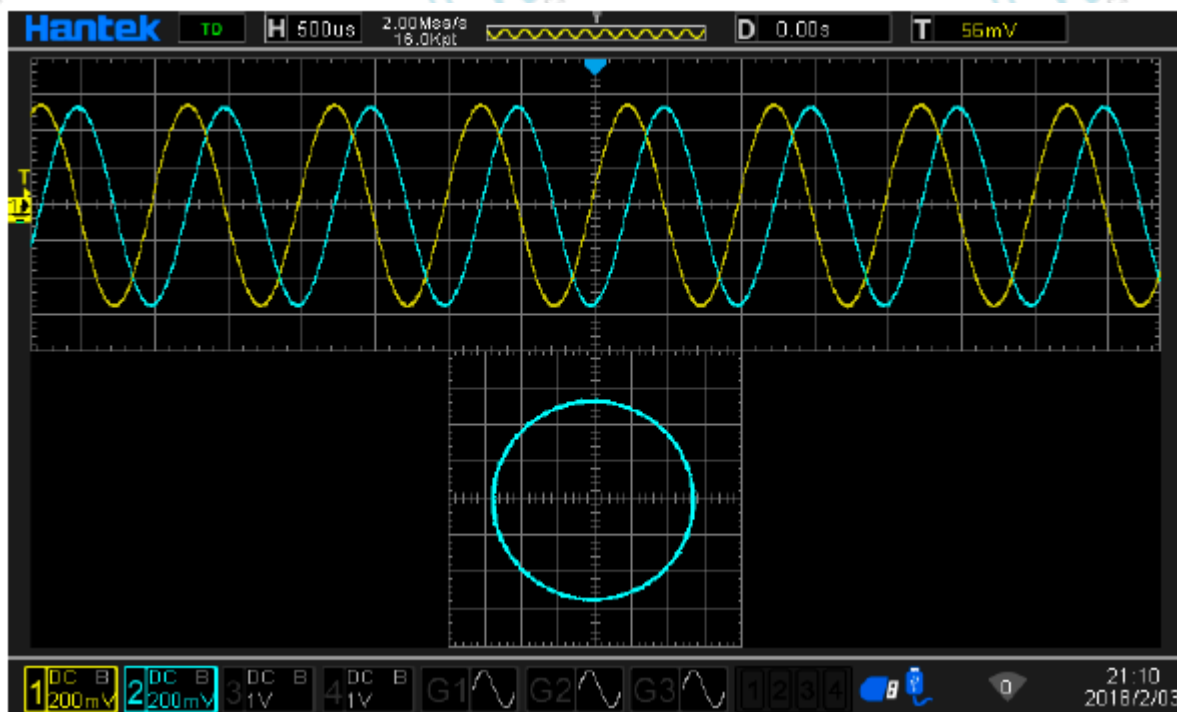
1. Подключите синусоидальный сигнал к каналу CH1, затем подключите к каналу CH2 другой синусоидальный сигнал той же частоты и амплитуды, но со сдвигом фазы  $90^\circ$ .
2. Нажмите кнопку AutoScale, затем установите вертикальное смещение каналов CH1 и CH2 в 0 В.
3. Выберите режим отображения XY, затем 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 CH1 и CH2, чтобы осциллограмма была хорошо видна. При корректной настройке вы должны увидеть окружность, как показано на рисунке ниже.



5. По измерению, основанному на принципе фазового сдвига (см. схему выше), получаем:  
 $A / B$  (или  $C / D$ ) = 1, следовательно: угол фазового сдвига между сигналами двух каналов:

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

### Режим XY: отображение в двух окнах

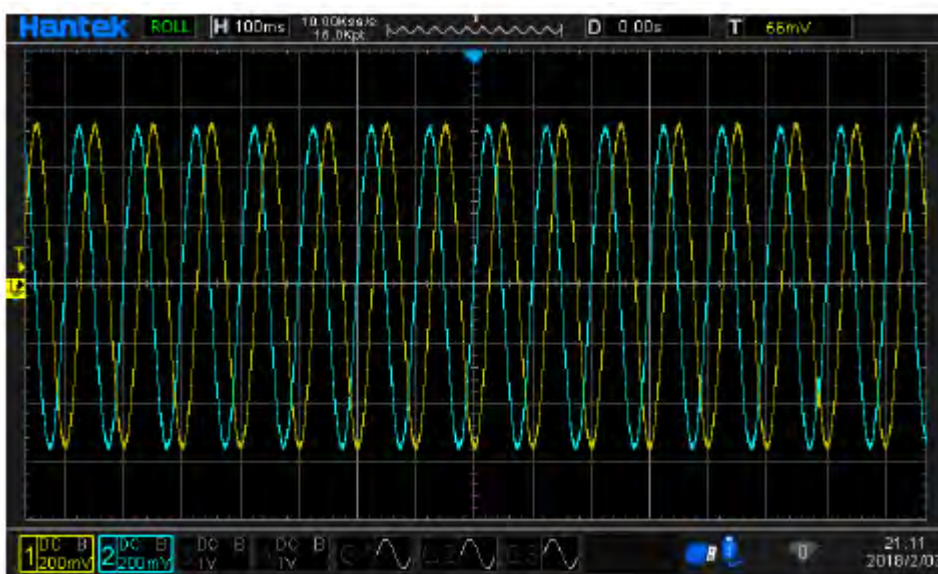


В этом режиме отображаются два окна одновременно — одно с традиционным представлением УТ (напряжение–время), другое в ХУ (напряжение–напряжение).

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.



#### 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*)
- ➤ **AC (переменный ток):** Блокирует DC-компоненту, позволяя наблюдать только переменную составляющую сигнала.
- ➤ **GND (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:



Режим связи AC



Режим связи DC



Режим связи GND

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

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

#### Обозначения на экране:



Полная полоса пропускания канала



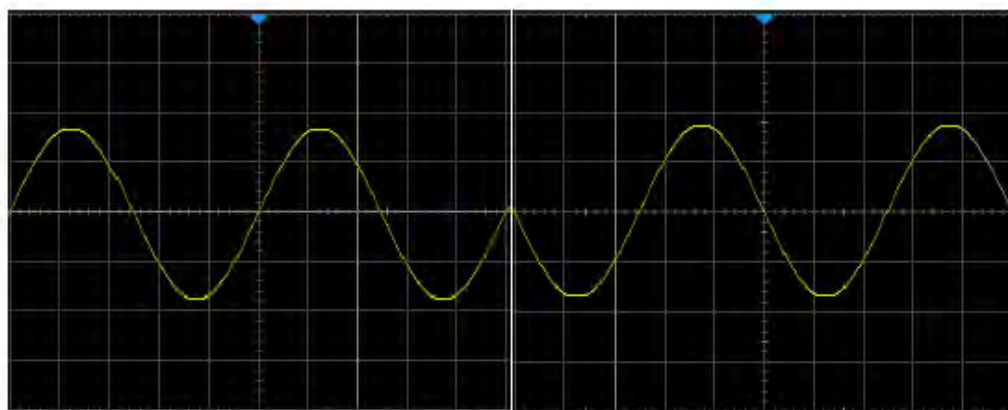
Ограничение полосы до 20 МГц активно

### 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 → 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 **V/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) и Точная (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.

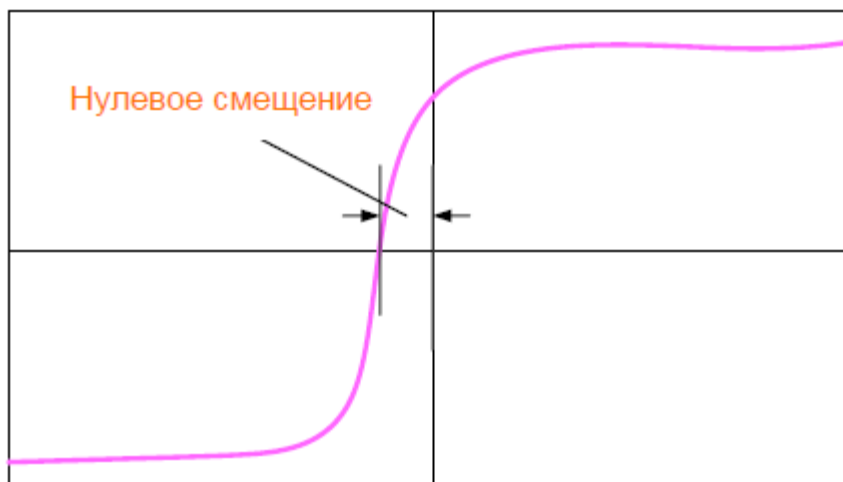
## 3.7 Настройка задержки аналогового канала

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 интересные 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 CH1–CH4 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)

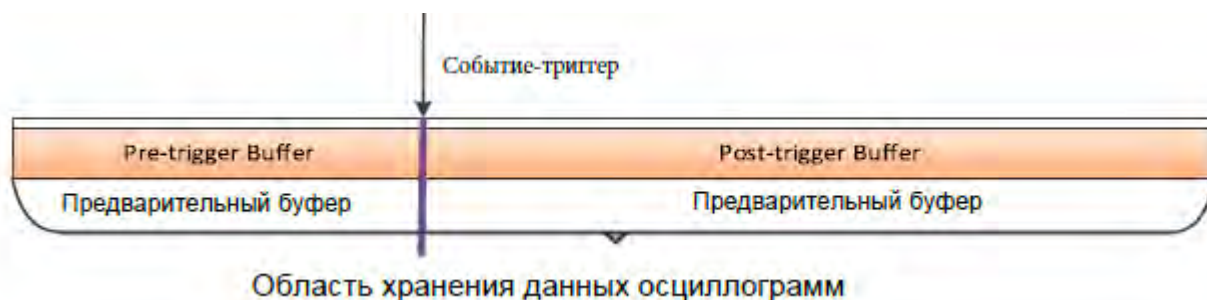
- Video (по видеосигналу)
- Window (по окну)
- Under Amp (по амплитуде ниже порога) и др.

## 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)



### 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:
  - 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 произойдет 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.

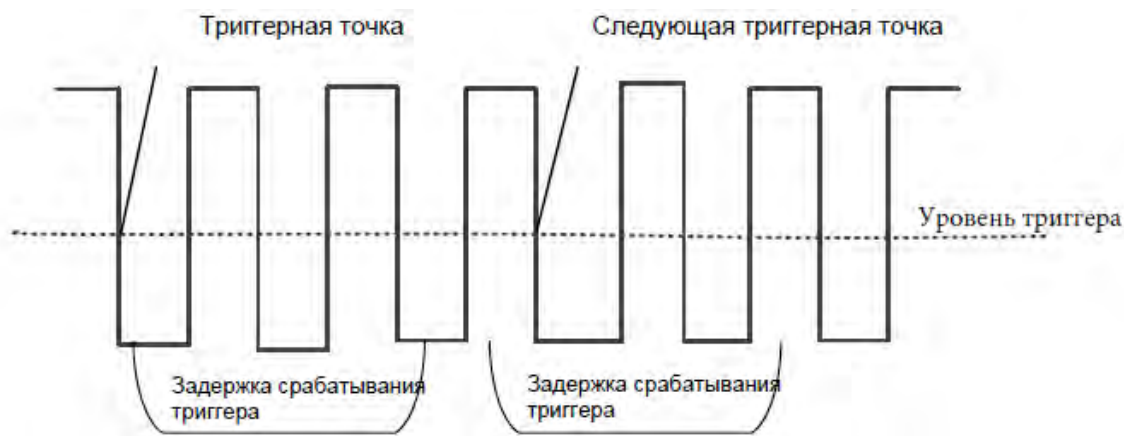
## 4.4 Задержка срабатывания триггера

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.

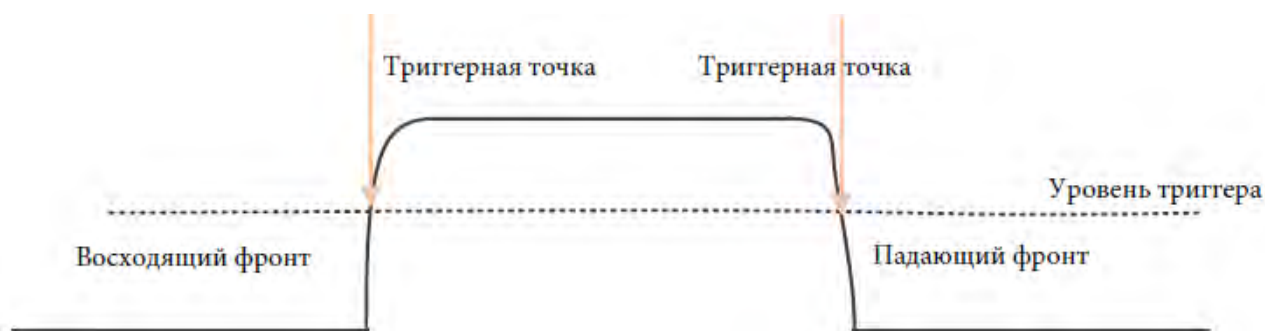
16. **IIC (по протоколу I<sup>2</sup>C)** (опционально) Триггер по протоколу **Inter-Integrated Circuit**, широко применяемому в цифровой электронике.

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] (Type) выберите значение Edge (по фронту) и подтвердите нажатием на ручку V0.
3. В пункте [Источник данных] (Data Source) выберите один из каналов:
  - CH1–CH4 — аналоговые каналы
  - LA — логический анализатор

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

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