

ИНСТРУКЦИЯ

по работе с цифровым осциллографом LeCroy WaveRunner 640Zi

Цифровой осциллограф LeCroy серии WaveRunner 6Zi является одним из наиболее универсальных среди осциллографов с полосой пропускания от 400 МГц до 4 ГГц с увеличенным объемом памяти для записи (до 128 МБ), частотой дискретизации до 40 ГГц, низким уровнем собственного шума и быстротой выполнения настроек (Рис. 1). Разрешение АЦП составляет 8 бит (число уровней квантования – 256 и динамический диапазон равен 48 дБ). WaveRunner 6 Zi имеет широкоформатный дисплей с диагональю 31 см (12.1”) и разрешением 1280 × 800 точек (WXGA) идеально подходящий для отображения различных сигналов, требующих длинной памяти, а также для масштабирования или прокрутки осциллограмм содержащих большие блоки данных. Впервые в осциллографах дисплей сделан поворотным. Это обеспечивает расположение сигналов горизонтально, как в обычных ЦЗО, так и разворот изображения на 90° (портретный режим) для более удобного анализа джиттера, глазковых диаграмм или логических сигналов. Поворот изображения выполняется автоматически при установке дисплея в требуемое положение. Имеется возможность регулировки фронтального угла наклона экрана для устранения бликов и удобства считывания информации.

Таблица характеристик цифрового осциллографа LeCroy WaveRunner 6Zi

Характеристики	Параметры	
Канал вертикального отклонения	Число каналов	4
	Полоса пропускания (-3 дБ)	4 ГГц
	Время нарастания	100 пс
	Ограничение полосы	1 ГГц

	<p>Коэф. отклонения ($K_{откл.}$)</p> <p>Вх. сопр. 50 Ом: 1 мВ/дел...1 В/дел; Вх. сопр. 1 МОм: 1 мВ/дел...10 В/дел</p> <p>Погрешность установки $K_{откл.}$ $\pm 1,5 \%$</p> <p>Входной импеданс 1 МОм/17 пФ или 50 Ом</p> <p>Макс. входное напряжение 5 В ср. кв. (на нагр. 50 Ом); 400 В макс. (на нагр. 1 МОм)</p> <p>Математика: Более 25 стандартных функций, включая БПФ</p>
Канал горизонтального отклонения	<p>Коэф. развертки ($K_{разв.}$) 20 пс/дел...1000 с/дел</p> <p>Погрешность установки $K_{разв.}$ +/- 0,0005 %</p> <p>Режимы работы Внутр. и внеш. развертка (Y-T и X-Y)</p>
Синхронизация	<p>Источники синхросигнала: Любой вх. канал, сеть, внешний, внешний/10</p> <p>Режимы запуска развертки: Автоколебательный, ждущий, по времени (2 нс...20 с), по событию (1...99,999,999)</p> <p>Фильтры синхронизации: Связь по перемен. или пост. току, ФНЧ, ФВЧ</p> <p>Вход внешней синхронизации 1 МОм (+/- 2 %) / 17 пФ; макс. 150 В ср. кв.</p> <p>Предзапуск: 0-100% от полной шкалы</p> <p>Послезапуск: 0-50,000,000,000 делений</p> <p>Диапазон внутренней синхронизации +/- 5 делений от центра</p> <p>Виды (типы) синхронизации: Фронт, интеллектуальная</p>

	от 200 пс (глич, рант, длительность, скорость нарастания, сбой, ожидание и.т.д) и интеллектуальная с исключением (по событиям, не соответствующим ожидаемому), по потокам последовательных данных (опция), по параллельным данным при использовании логического пробника
Аналогово-цифровое преобразование	<p>Разрешение по вертикали 8 бит (11 бит в режиме увелич. разрешения (ERES))</p> <p>Макс. частота дискретизации (однократный сигнал) 20 ГГц (40 ГГц при объедин.)</p> <p>Эквивалентная частота дискр. 200 ГГц (периодический сигнал)</p> <p>Интерполяция Линейная, SinX/X</p> <p>Длина записи (станд.) 16 Мб на канал (32 Мб при объединении)</p> <p>Длина записи (опции) до 64 Мб на канал (до 128 Мб при объединении)</p> <p>Режимы сбора данных Выборка, пик. детектор (> 1 нс); усреднение (2 / ... / 512); накопление; однократный запуск</p>
Автоматические измерения	<p>Количество параметров 38 измерений</p> <p>Режим отображения До 8 измерений одновременно с отображением статистики и гистограмм</p>
Дополнительные возможности	Интерфейсы Ethernet (10/100BaseT), USB (4), RS-232, SVGA; Опции: GPIB

	<p>Расширенный запуск развертки Выбросы, импульсы, огибающая, логические условия</p> <p>Декодирование сигналов Опция синхронизации и</p> <p>низкоскоростных шин данных декодирования сигналов шин CAN, I2C, SPI, RS, UART, LIN, FlexRay, I2S, Mil-STD-1553, SATA, PCIe, 8b/10b, USB</p> <p>Режим WaveScan Поиск аномалий по захваченному сигналу – 18 параметров сигнала</p>
Общие данные	<p>ЖК-дисплей Цветной TFT сенсорный экран 31,7 см (16 x 9), WXGA 1280 x 800 точек</p> <p>Напряжение питания 120...240 В (+/- 10 %), 45...66 Гц (автовывбор)</p> <p>Габаритные размеры 287 × 408 × 205 мм</p> <p>Масса 9,98 кг</p> <p>Комплект поставки Шнур питания (1), делитель x10 (4), мышь, стило</p>



Рис. 1. Общий вид цифрового осциллографа LeCroy WaveRunner 640Zi.

Большинство элементов управления на передней панели дублируют функции, доступные через сенсорный экран. Все ручки на передней панели работают как при их вращении, так при нажатии их как на кнопку. Кнопки на передней панели загораются, указывая, какие трассы и функции активны. Действия, выполняемые из передняя панель всегда применяется к активной кривой.



Рис. 2. Передняя панель WaveRunner LeCroy WaveRunner 640Zi.

Элементы управления триггером на передней панели

Ручка уровня (level knob) изменяет пороговый уровень запуска (V). Номер отображается в поле индикации триггера. Нажатие на ручку устанавливает уровень триггера на 50% входного сигнала.

Индикатор READY горит, когда триггер активирован.

Индикатор TRIG'D загорается на мгновение при срабатывании триггера.

Кнопка **Auto** запускает осциллограф после тайм-аута, даже если условия запуска не выполняются.

Кнопка **Normal** запускает осциллограф каждый раз, когда присутствует сигнал, удовлетворяющий условиям, установленным для типа выбран триггер.

Одиночные наборы (Single) Режим одиночного запуска. Первое нажатие подготавливает осциллограф к запуску.

Кнопка **Stop** предотвращает срабатывание осциллографа по сигналу. Если вы загружаете инструмент с триггером в положении **Stop** отображается сообщение «Нет доступных следов». Нажмите кнопку Auto, чтобы отобразить осциллограмму (**trace**).

Настройка соответствует выбору в меню «Триггер»> «Настройка триггера» или прикосновению к окну дескриптора триггера. Нажмите ее один раз, чтобы открыть диалоговое окно настройки триггера.

Кнопка **Trigger Scan** открывает диалоговое окно TriggerScan.

Кнопки **Source**, **Slope** и **Coupling** циклически переключают доступные варианты. Продолжайте нажимать, пока желаемый выбор горит.

Вертикальные элементы управления передней панели

Кнопки каналов **Channel buttons** включают канал, который выключен, или активируют канал, который уже включен. Когда канал активен, нажатие выключает его. Светящаяся кнопка показывает активный канал.

Ручка **Offset** регулирует нулевой уровень сигнала (это создает впечатление движения вверх или вниз относительно центральная ось сетки). Значение отображается в поле описания сигнала. Нажмите, чтобы сбросить смещение до нуля.

Ручка **Gain** устанавливает вертикальное усиление (В/дел). Значение отображается в поле описания осциллограмм. Нажмите ручку, чтобы переключение между переменным (точным) и стандартным (1, 2, 5, 10 шагов) приращениями.

Горизонтальные элементы управления передней панели

Поверните ручку **Delay**, чтобы изменить значение задержки запуска (S). Нажмите ручку, чтобы сбросить задержку на ноль.

Если источником трассировки является входной канал, поверните ручку настройки по горизонтали, чтобы установить время/деление (S) системы сбора данных осциллографа. Значение отображается в поле временной развертки. При использовании этого осциллограф выделяет память по мере необходимости для поддержания максимально возможной частоты дискретизации для установка временной развертки.

Если источником трассировки является функция масштабирования, памяти или математическая функция, поворот ручки регулировки по горизонтали изменяет горизонтальное положение следа. Значение отображается в соответствующем поле дескриптора.

Нажимайте ручку для переключения между переменным (точным) и стандартным (1, 2, 5, 10 шагами) приращениями.

Лабораторная работа

«ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА ДЛЯ АМПЛИТУДНЫХ И ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ЯДЕРНО- ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ»

Работа с генератором

1. Выставить выходные импульсы генератора 1 В, длительность 1 мкс, период 100 мкс, задержку между импульсами 3 мкс (см. «Инструкцию по работе с генератором импульсов АКИП 3303»).
2. Подключить выходы генератора к двум входам осциллографа. Для входа осциллографа в режиме 50 Ом максимальная амплитуда 5 В.

В дальнейшей инструкции предполагается использование входов №3 и №4 для сигналов с генератора.

3. Наблюдать импульсы на двух входах. Записать осциллограммы в память осциллографа или на флэш-память для последующей распечатки.

Для этого:

- 3.1. На осциллографе выбрать пункт «Save Waveform...» во вкладке «File» для перехода в режим сохранения сигналов (Рис. 3). Здесь и далее для выбора предлагается использовать сенсорный экран осциллографа и стилус.

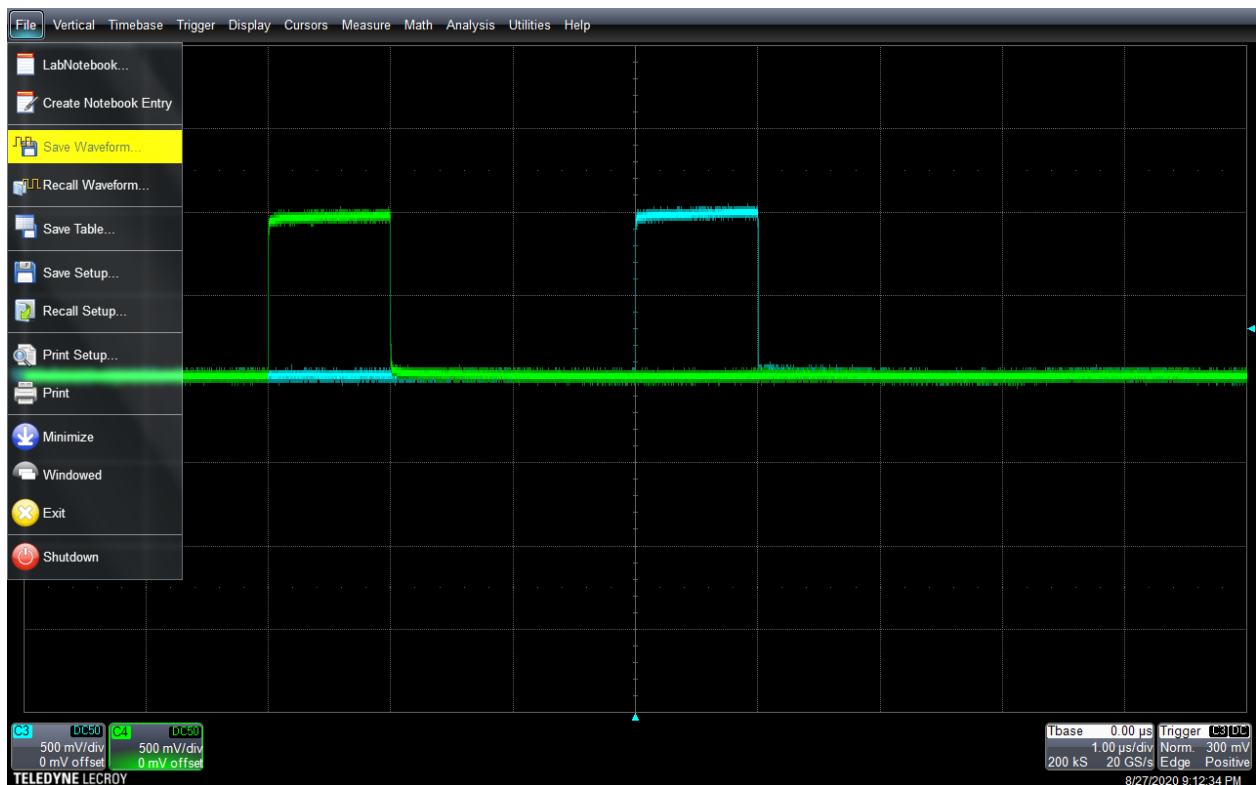


Рис. 3. Работа с осциллографом

3.2. Выбрать источник «С3» (нажать на серое поле под словом “Source”, выбрать категорию “Channels”, выбрать необходимый канал). “С3” – означает «channel 3», т.е. вход №3 осциллографа (Рис. 4).

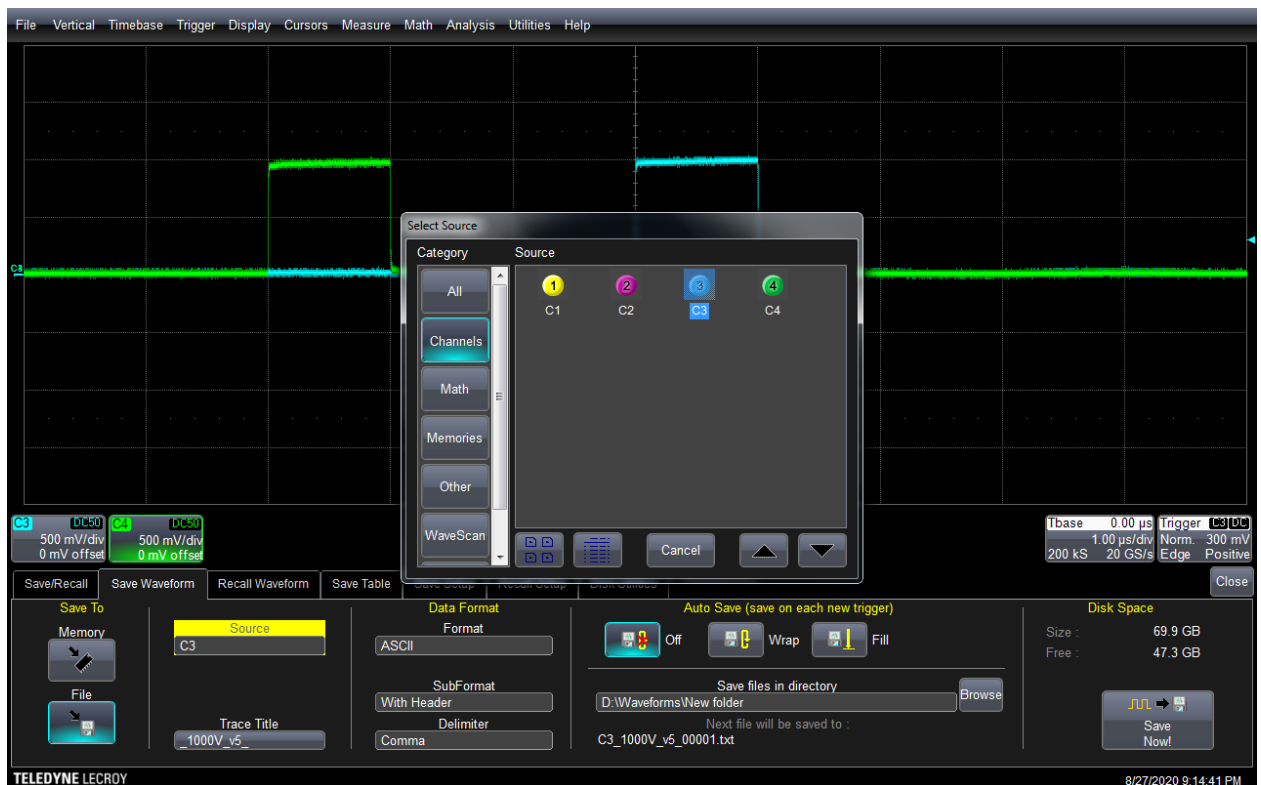


Рис. 4. Работа с осциллографом

3.3. Выбрать другие параметры сохранения:

- Имя файла в поле “Trace Title”
- Формат файла в поле “Format”, для простоты обработки рекомендуется ASCII.
- Подформат в поле “SubFormat” рекомендуется “With Header”.
- Разделитель в поле “Delimiter” – можно любой, но чаще используется запятая (“Comma”).
- Автосохранение выключено (т.к. нам надо записать одиночные осциллограммы)
- Путь к файлу: `D:\Students\your_group\your_name` , где вместо `your_group` и `your_name` подставить вашу группу и фамилию. Убедиться, что такая папка существует.

3.4. Нажать кнопку “Save Now!”. Убедиться, что файл создан, можно, свернув окно программы WaveScan и зайдя через Проводник Windows в соответствующую папку. Свернуть программу Wavescan можно, выбрав “File” → “Minimize” (Рис. 5)

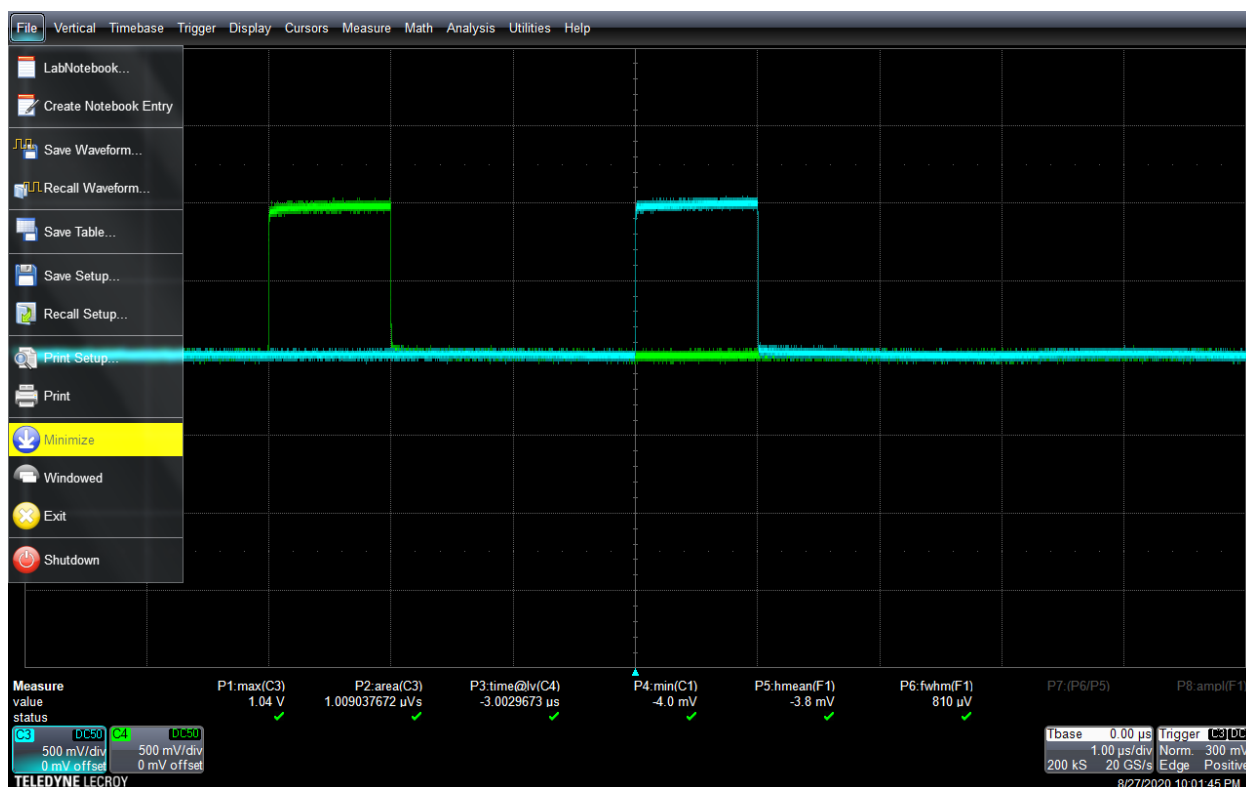


Рис. 5. Работа с осциллографом

3.5. Выбрать в качестве источника канал осциллографа, на который приходит сигнал со второго канала генератора («C4»). Повторить действия 3.3 – 3.4.

3.6. Для анализа сигнала удобно также бывает иметь сохраненную картинку с осциллографа. Для сохранения картинки надо выбрать “Print Setup” в меню “File” (Рис. 6)

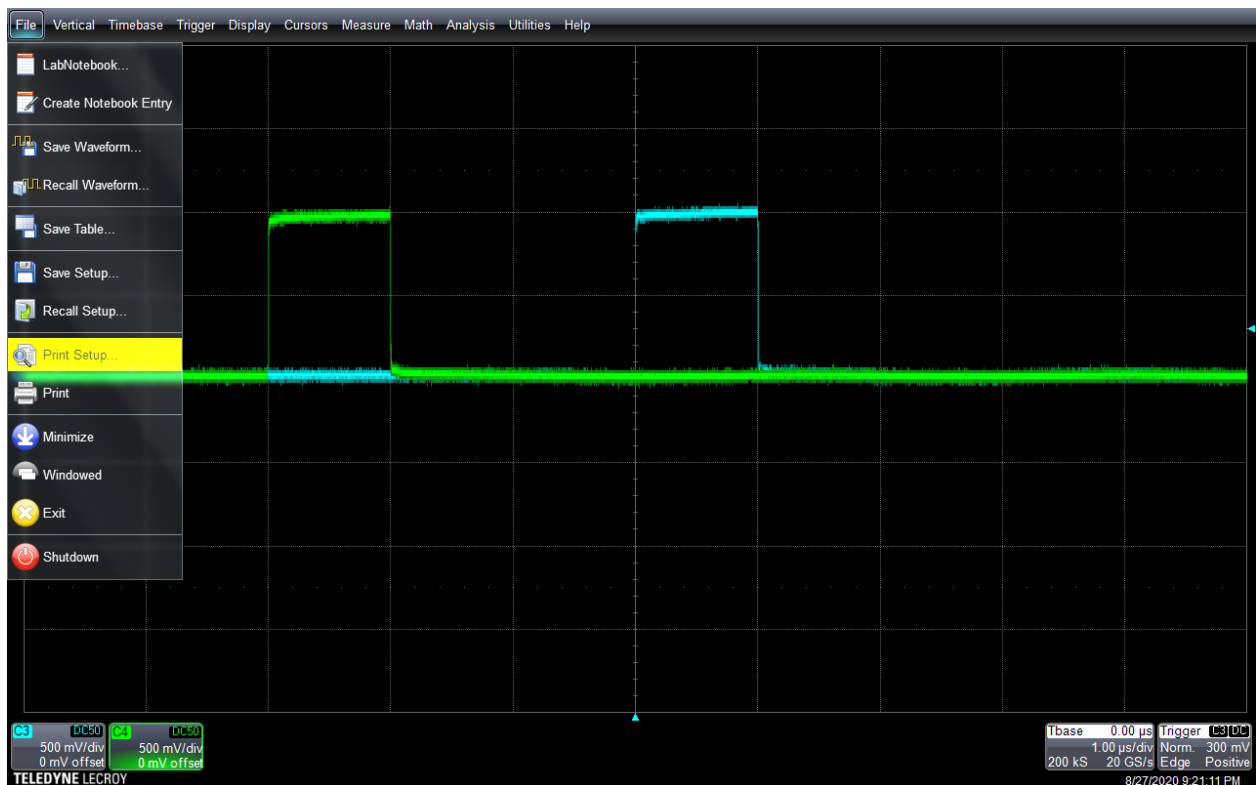


Рис. 6. Работа с осциллографом

3.7. Выбрать параметры сохранения (см. Рис. 7):

- File;
- File Format : png;
- File Name: «Generator»;
- Directory: D:\Students\your_group\your_name (как в п.3.3.6);

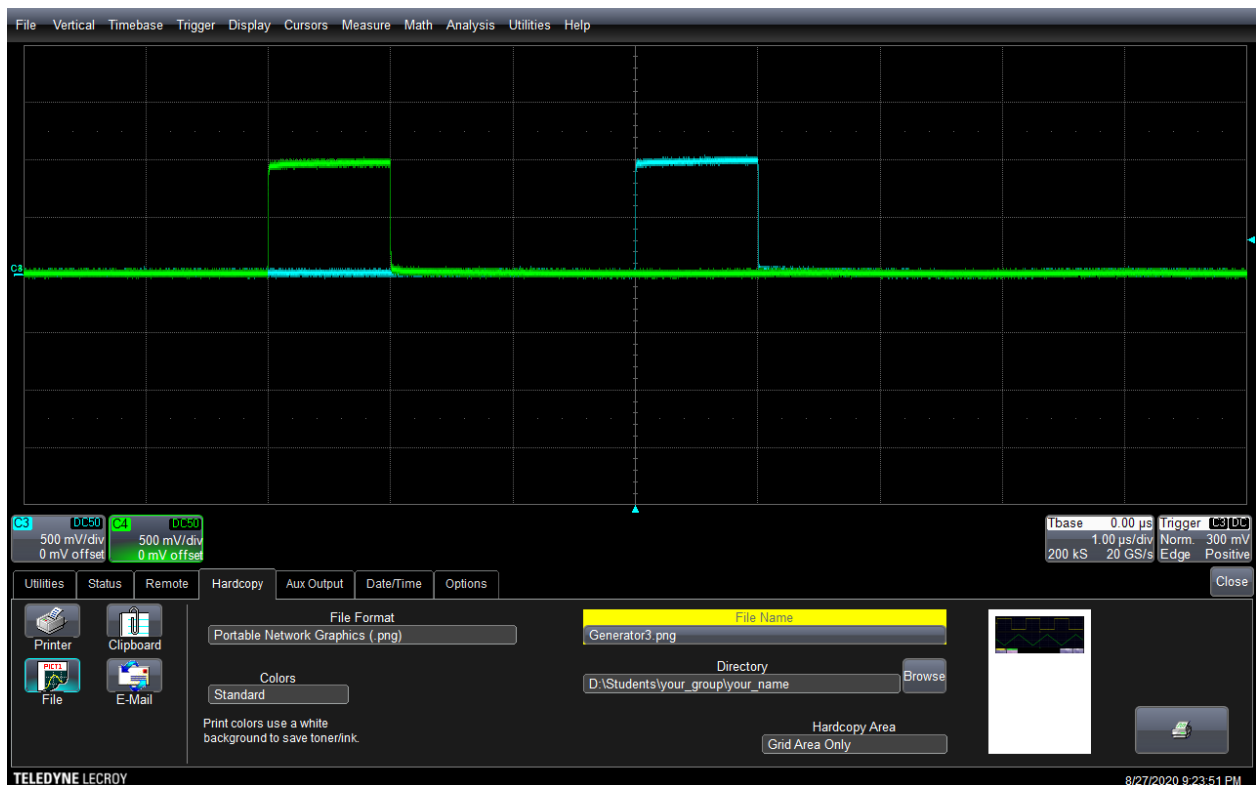


Рис. 7. Работа с осциллографом

- 3.8. Нажать кнопку с изображением принтера в правом нижнем углу
4. Установить режим измерения амплитуды сигнала на одном и другом входе. Сравнить с наблюдаемым на осциллографе. Сделать измерение для импульсов разной амплитуды и полярности.

Для этого:

- 4.1. На осциллографе выбрать пункт «Measure Setup...» во вкладке «Measure» для перехода в режим измерений параметров сигналов (Рис. 8)

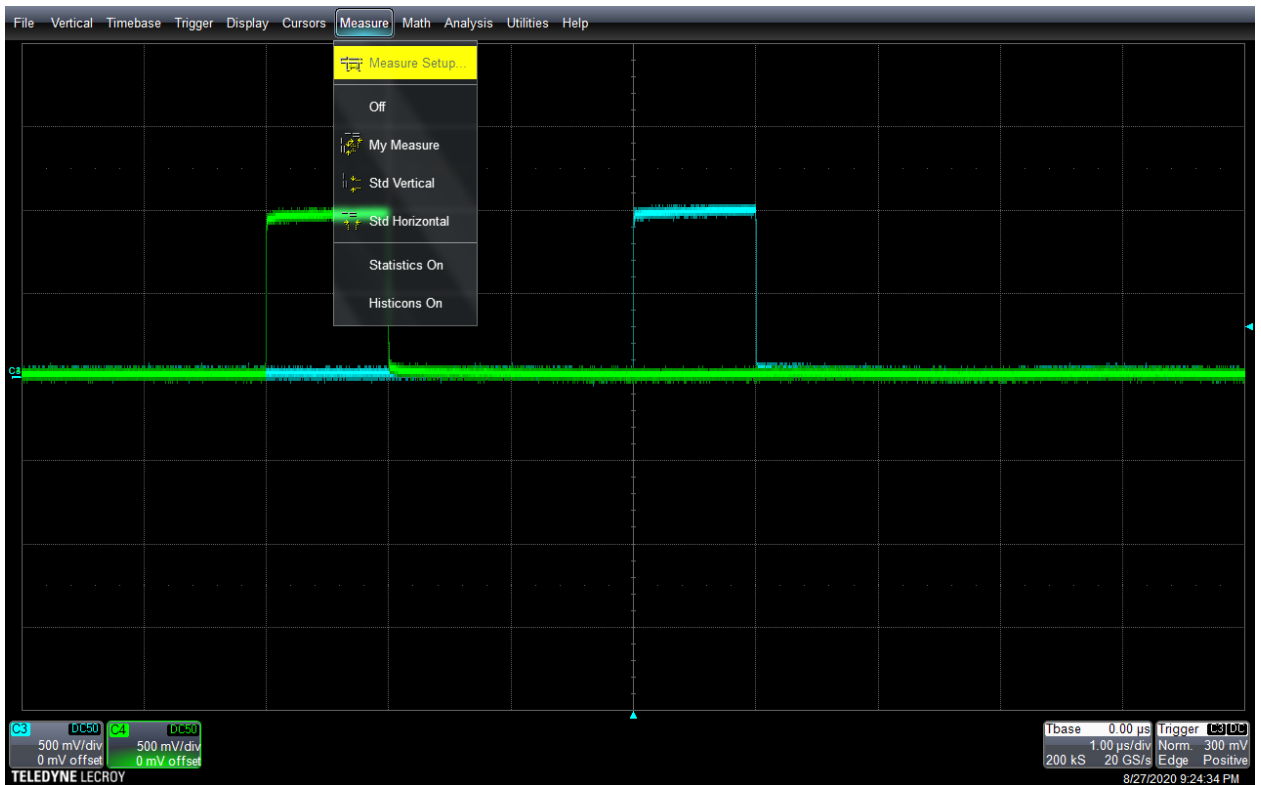


Рис. 8. Работа с осциллографом

4.2. Выбрать вкладку P1 («параметр №1»), выбрать тип «measure on waveforms», в поле «Source1» («источник») выбрать канал C3 (Рис. 9)

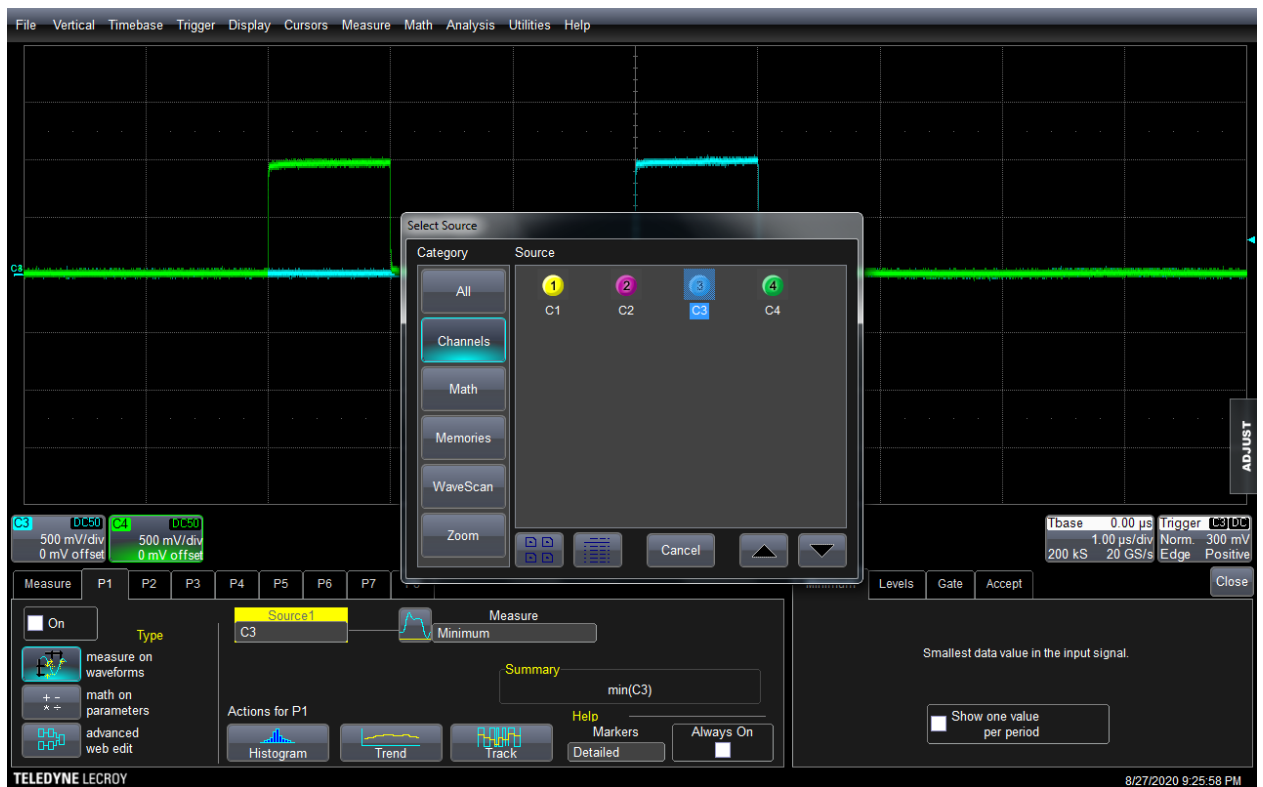


Рис. 9. Работа с осциллографом

- 4.3. В поле «Measure» («измерение») выбрать «Maximum» в случае сигнала положительной полярности, или «Minimum» в случае отрицательной полярности сигнала (Рис. 10).

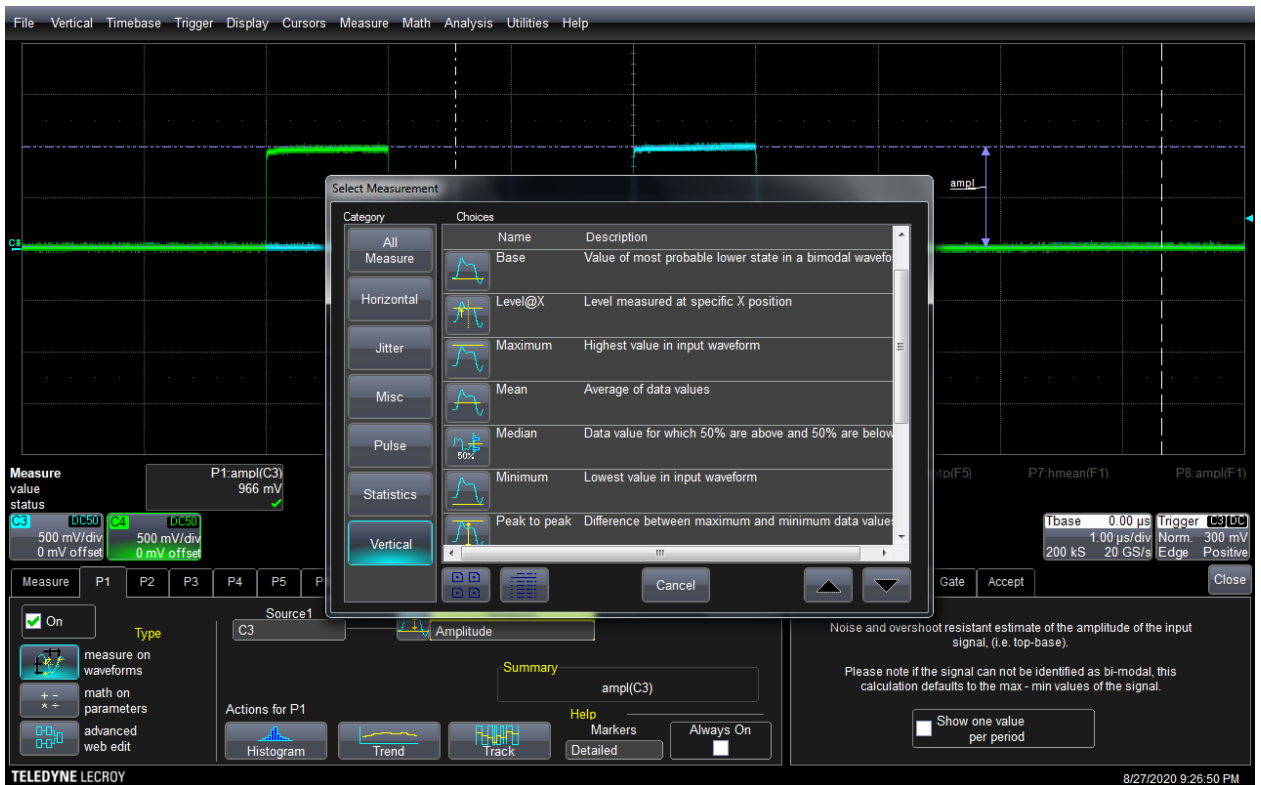


Рис. 10. Работа с осциллографом

4.4. Под окном с осциллограммами должно появиться окошко с меняющимся значением параметра P1 (Рис. 11).

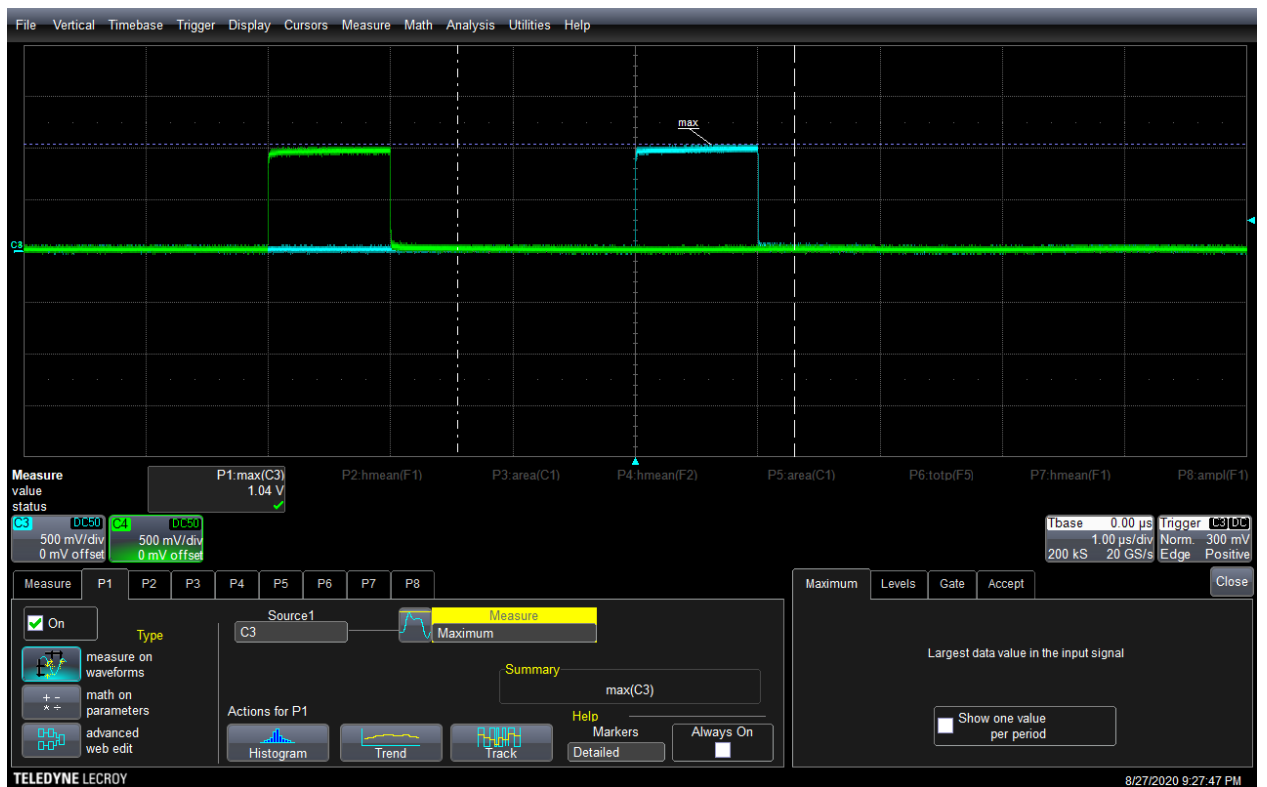


Рис. 11. Работа с осциллографом

4.5. Выбрать диапазон для измерения , перетягивая мышкой вертикальные белые линии курсора (Рис. 12)

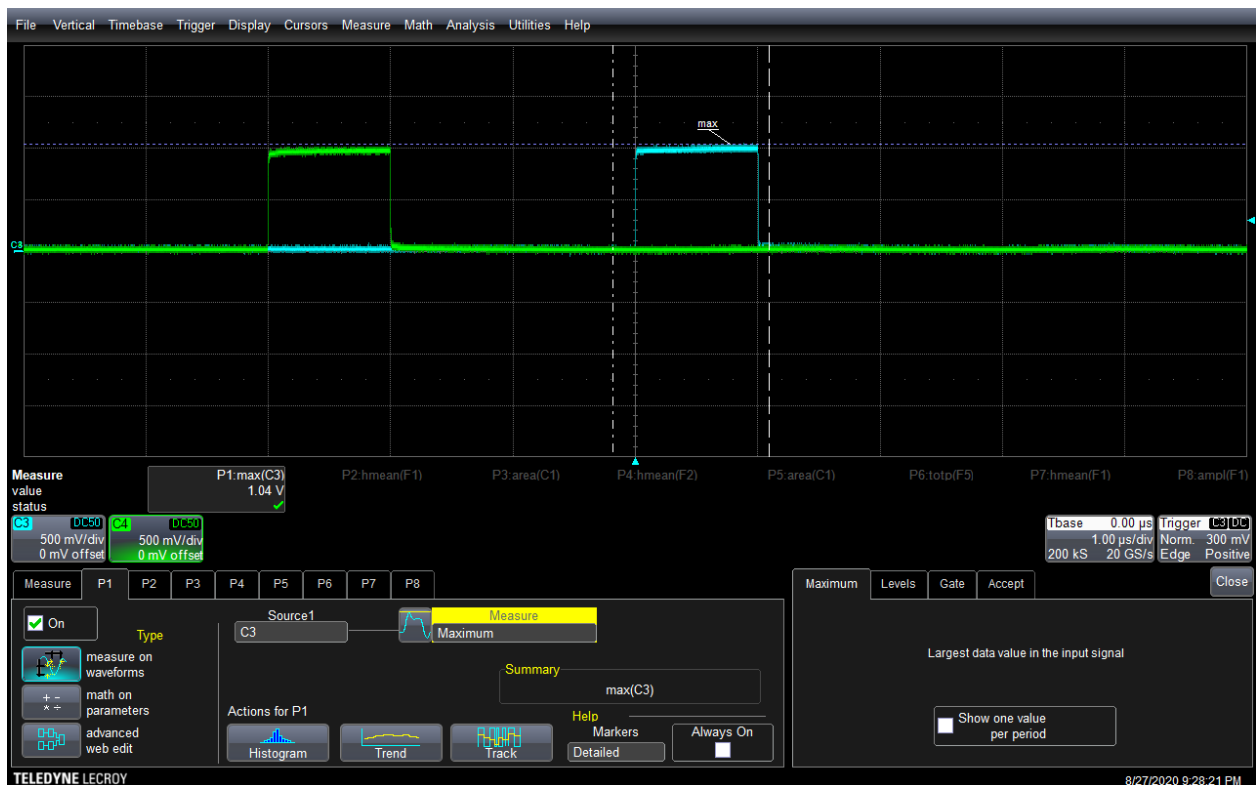


Рис. 12. Работа с осциллографом

- 4.6. Для изменения полярности импульса см. инструкцию к генератору.
- 4.7. Повторить измерения с другим каналом, выбрав в качестве источника в поле Source канал C4.
5. Установить режим измерения заряда (площади импульса). Провести измерение, сравнить результат с наблюдаемым на осциллографе. Для этого:
 - 5.1. Выбрать параметр P2 нажатием на соответствующую вкладку в меню параметров (если меню нет на экране, зайти в него как описано в п. 4.2)
 - 5.2. Выбрать C3 в качестве источника
 - 5.3. В поле “Measure” выбрать измерение площади под импульсом (Рис. 13)



Рис. 13. Работа с осциллографом

5.4. Установить курсоры (белые линии) так, чтобы измеряемый сигнал умещался между ними, аналогично п. 4.5 (Рис. 14)

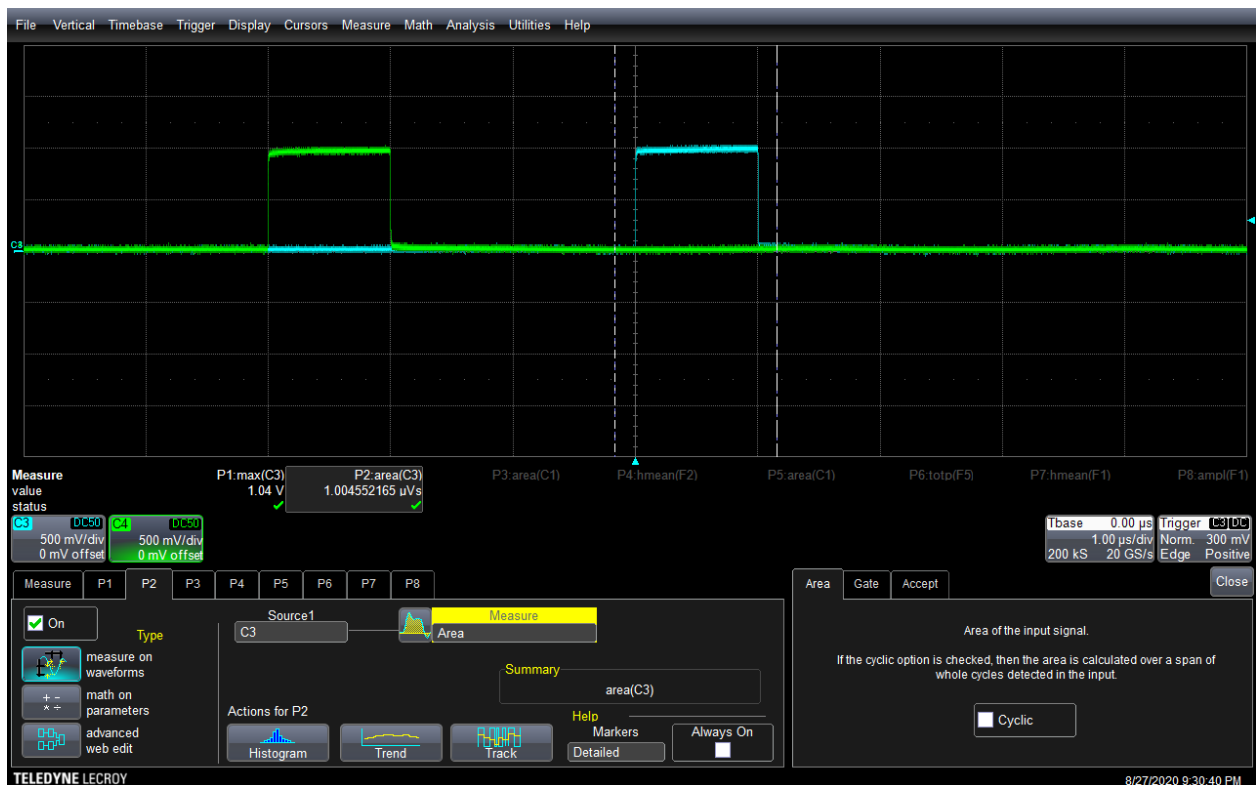


Рис. 14. Работа с осциллографом

5.5. Повторить измерение для канала C4.

6. Выставить измерение временного интервала между триггером (импульсом, по которому осуществляется запуск) и импульсом по второму входу. Учитывать полярность фронта. Провести измерение для разной задержки импульсов, устанавливаемой на генераторе.

Для этого:

6.1. Перейти на вкладку P3 в меню параметров (аналогично п. 5.1)

6.2. Выбрать C4 в качестве источника (в том случае, если запуск идет от C3).

6.3. В поле “Measure” выбрать измерение “Time@level”, что означает «измерение времени, прошедшего с момента запуска триггера, до

момента, когда сигнал в канале, выбранном в качестве источника (в нашем случае - C4), достигнет установленной амплитуды» (Рис. 15)



Рис. 15. Работа с осциллографом

6.4. На вкладке Time at Level установить тип уровня – “Percent” и значение “50%”. Убедиться, что полярность фронта сигнала, уровень которого мы ищем (в окошке “Slope”), соответствует полярности этого сигнала. То есть, для сигнала C4 положительной полярности в поле “Slope” должно стоять значение “Pos”. Установить курсоры аналогично п. 4.5, так, чтобы необходимый уровень амплитуды находился между курсорами (Рис. 16)

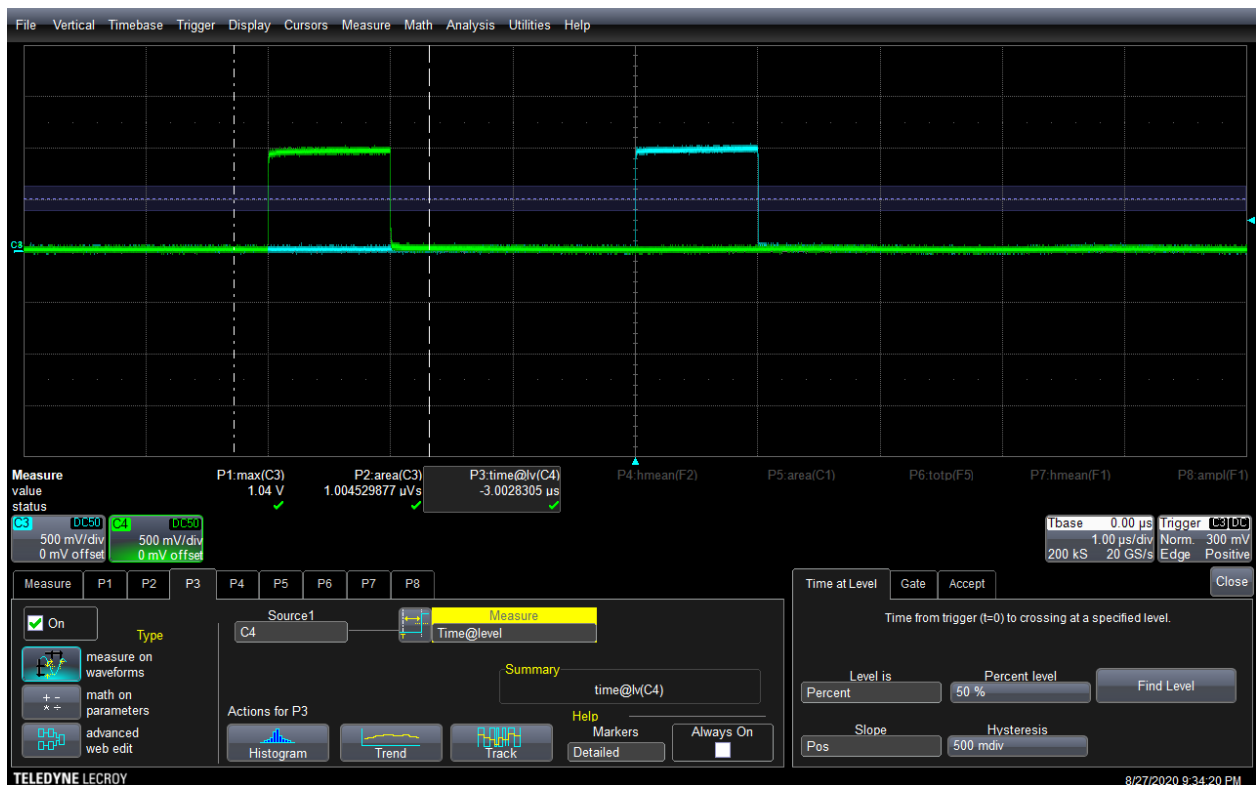


Рис. 16. Работа с осциллографом

Работа с ФЭУ

7. Вместо импульсов от генератора импульсов подключить импульсы от генератора световых импульсов: на один вход (импульс запуска) подать синхроимпульс, на второй вход – импульс от ФЭУ. Наблюдать импульсы.

В дальнейшей инструкции предполагается использование входов №1 и №2 для сигналов с ФЭУ и генератора световых импульсов соответственно.

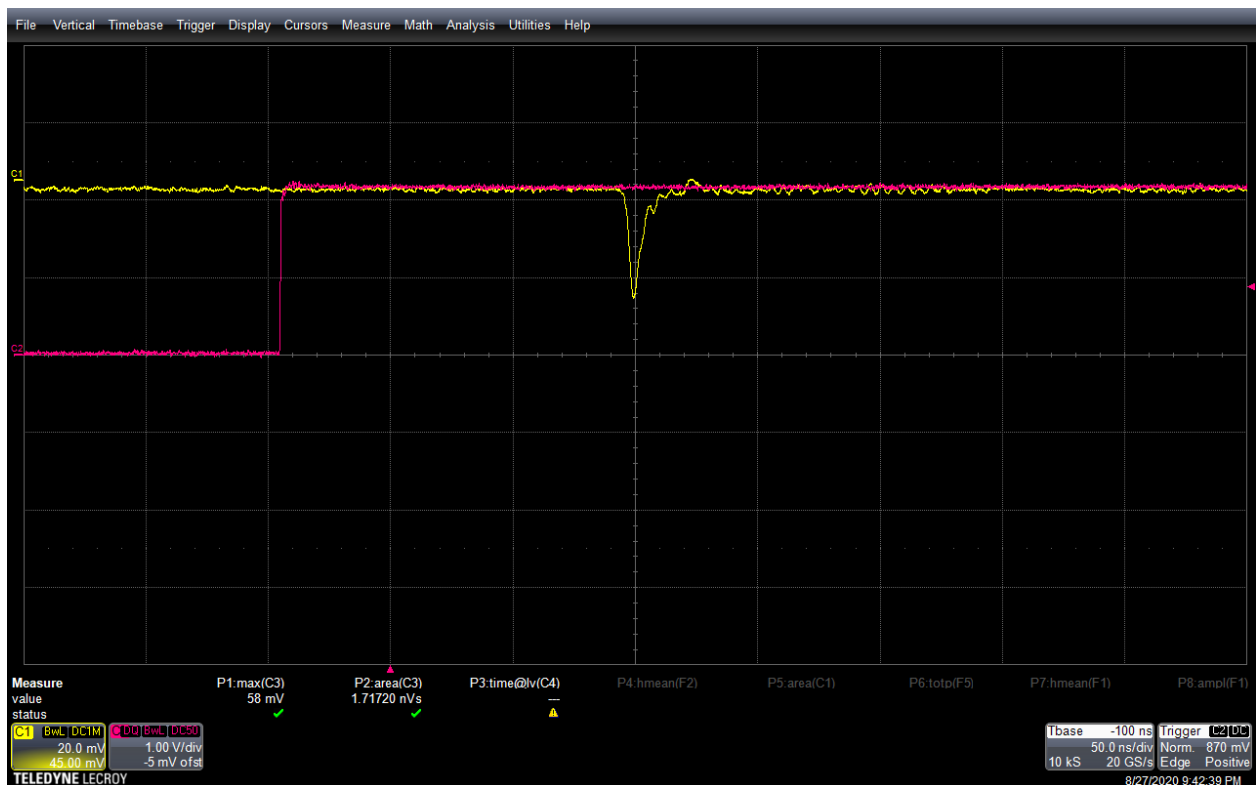


Рис. 17. Работа с осциллографом

8. Провести измерения аналогичные п.4 и п.5 с импульсами от ФЭУ.

Для этого:

8.1. Аналогично п.п. 4.2-4.3 установить в P4 измерение минимального значения сигнала ()

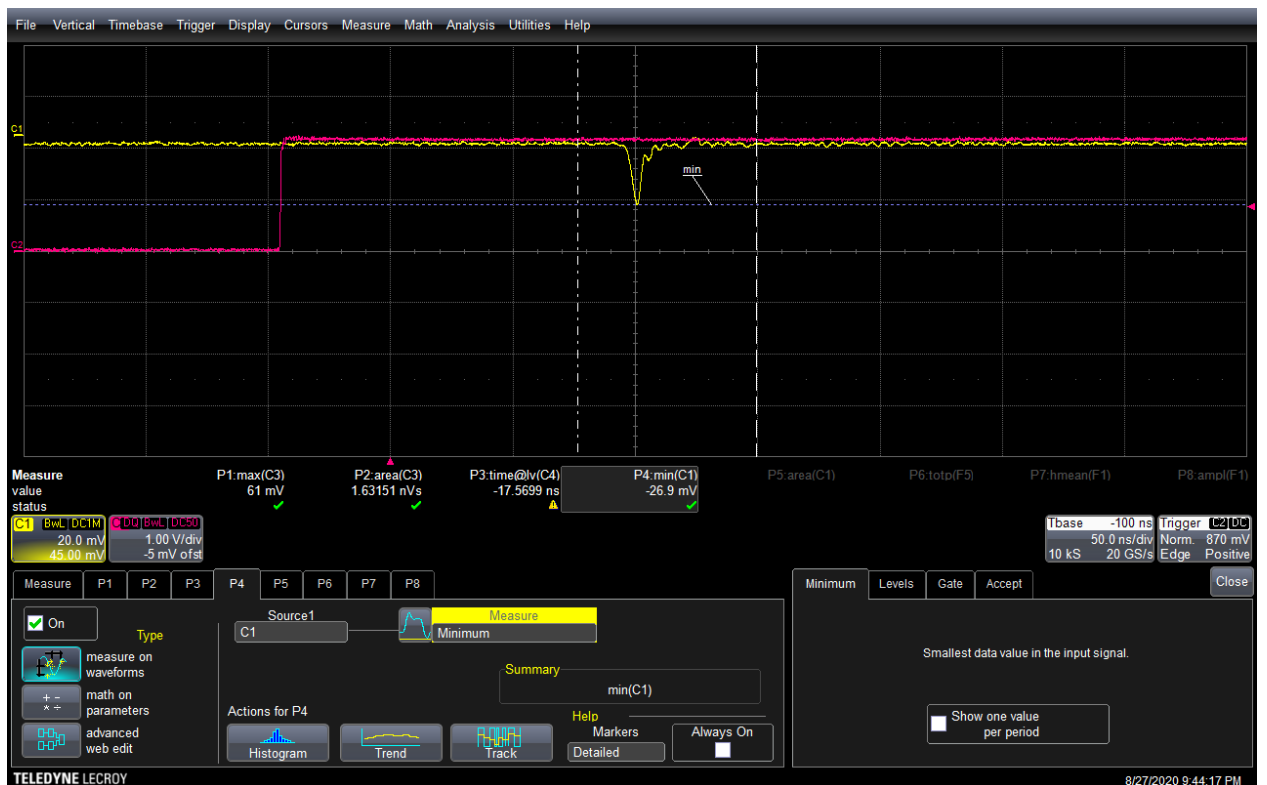


Рис. 18. Работа с осциллографом

8.2. Видно, что для ФЭУ значение амплитуды сигнала сильно флуктуирует. Чтобы найти среднее значение, необходимо сперва построить гистограмму. Для этого необходимо перейти в режим математических операций. Чтобы это сделать, надо выбрать “F1 Setup” в меню “Math” (Рис. 19)

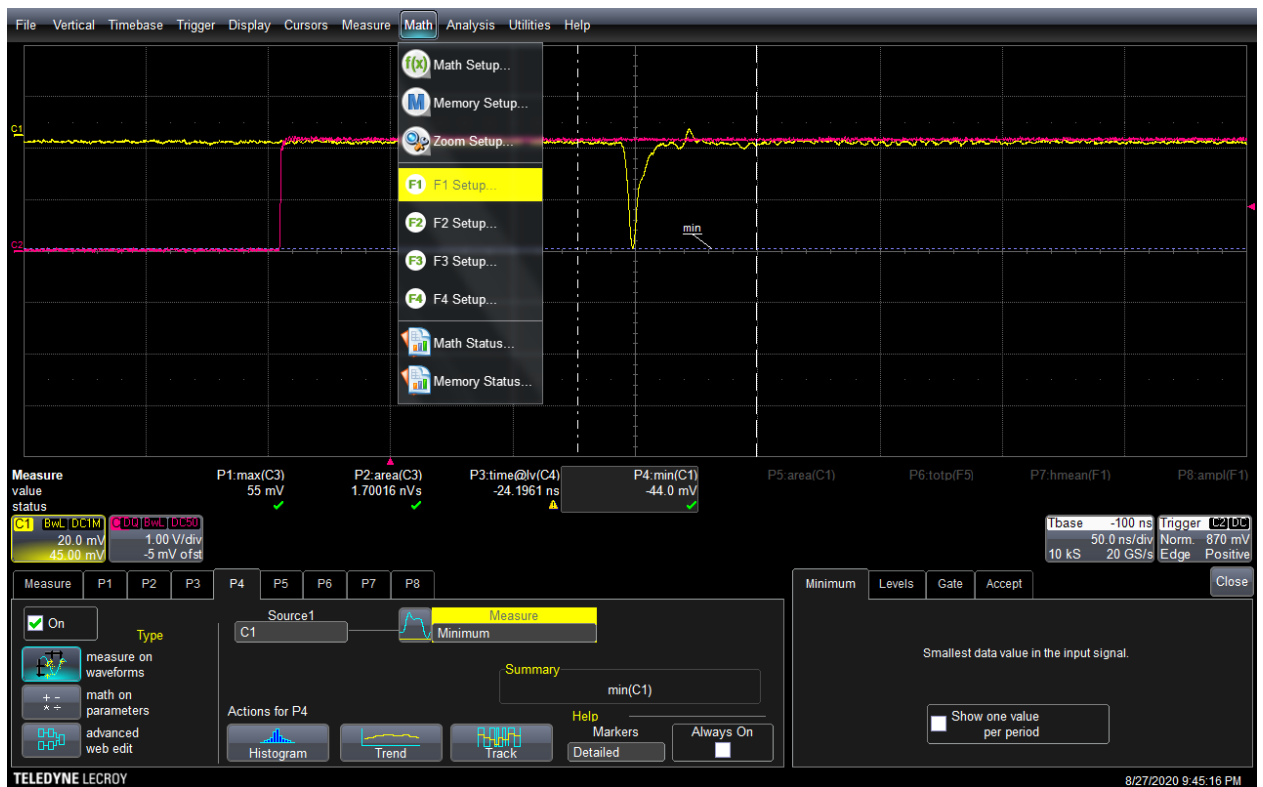


Рис. 19. Работа с осциллографом

8.3. В открывшемся окне математических функций над сигналами/параметрами необходимо в поле «Source1» выбрать “P4” (в котором происходит измерение амплитуды сигнала в канале C1), а в поле «Operator1» выбрать «Histogram» (Рис. 20)

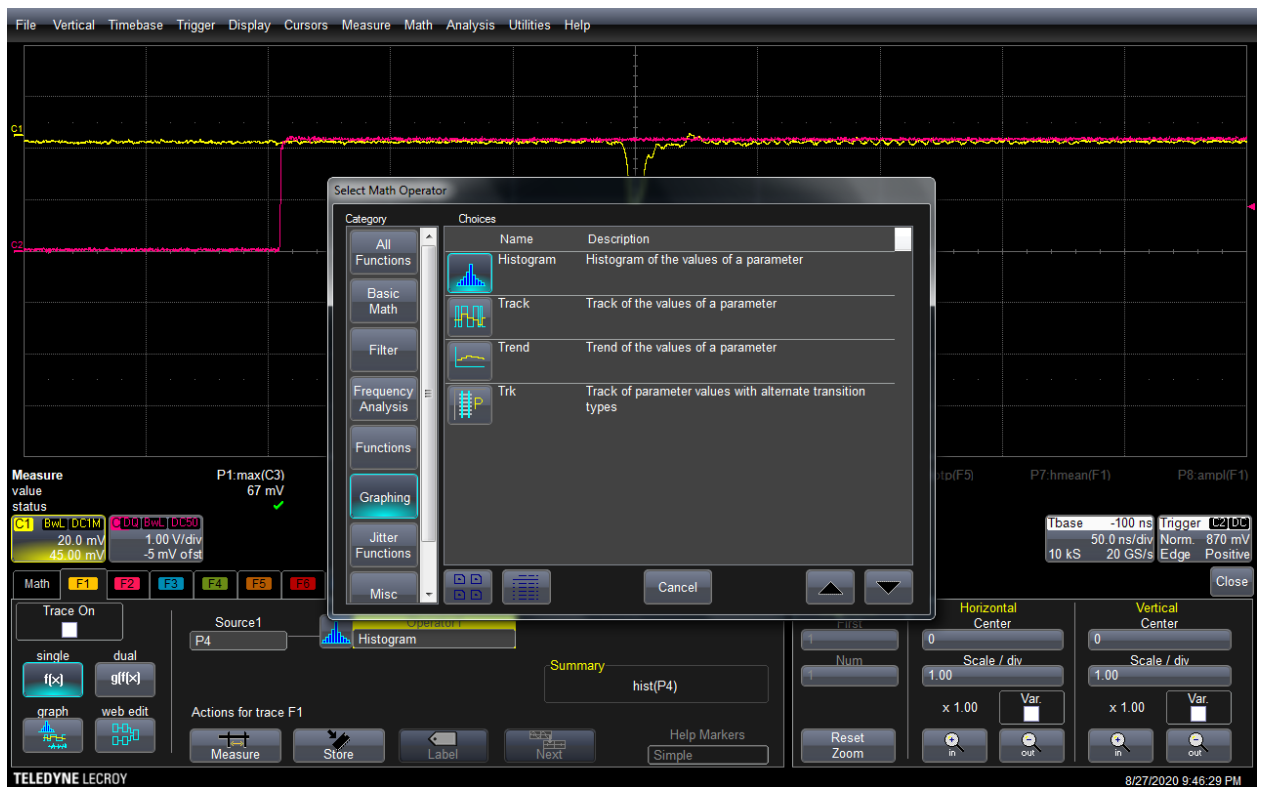


Рис. 20. Работа с осциллографом

8.4. Для отображения гистограммы на экране установить галочку в “Trace On” (Рис. 21)



Рис. 21. Работа с осциллографом

8.5. Параметры гистограммы можно регулировать во вкладке «Histogram». К примеру, можно «сузить» гистограмму по горизонтали параметром «Width», а «сдвинуть» - параметром «Center». Также можно установить количество бинов в гистограмме в поле «Bins». Для быстрого автоматического представления гистограммы можно также воспользоваться кнопкой «Find Center and Width» (Рис. 22)

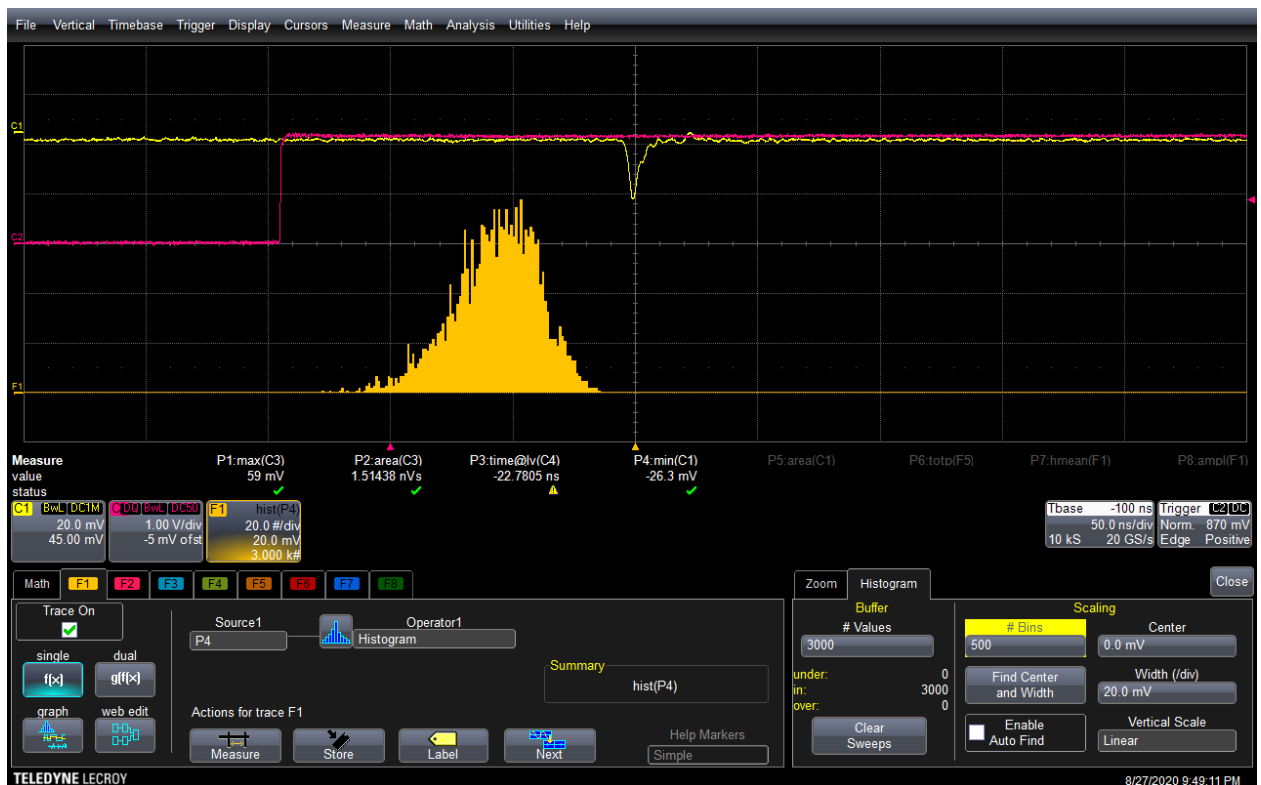


Рис. 22. Работа с осциллографом

8.6. Теперь надо узнать среднее значение этой гистограммы. Для этого надо добавить измерение P5, в котором в качестве источника указать F1 (наша гистограмма), а в поле “Measure” – параметр “Hist mean” (Рис. 23)

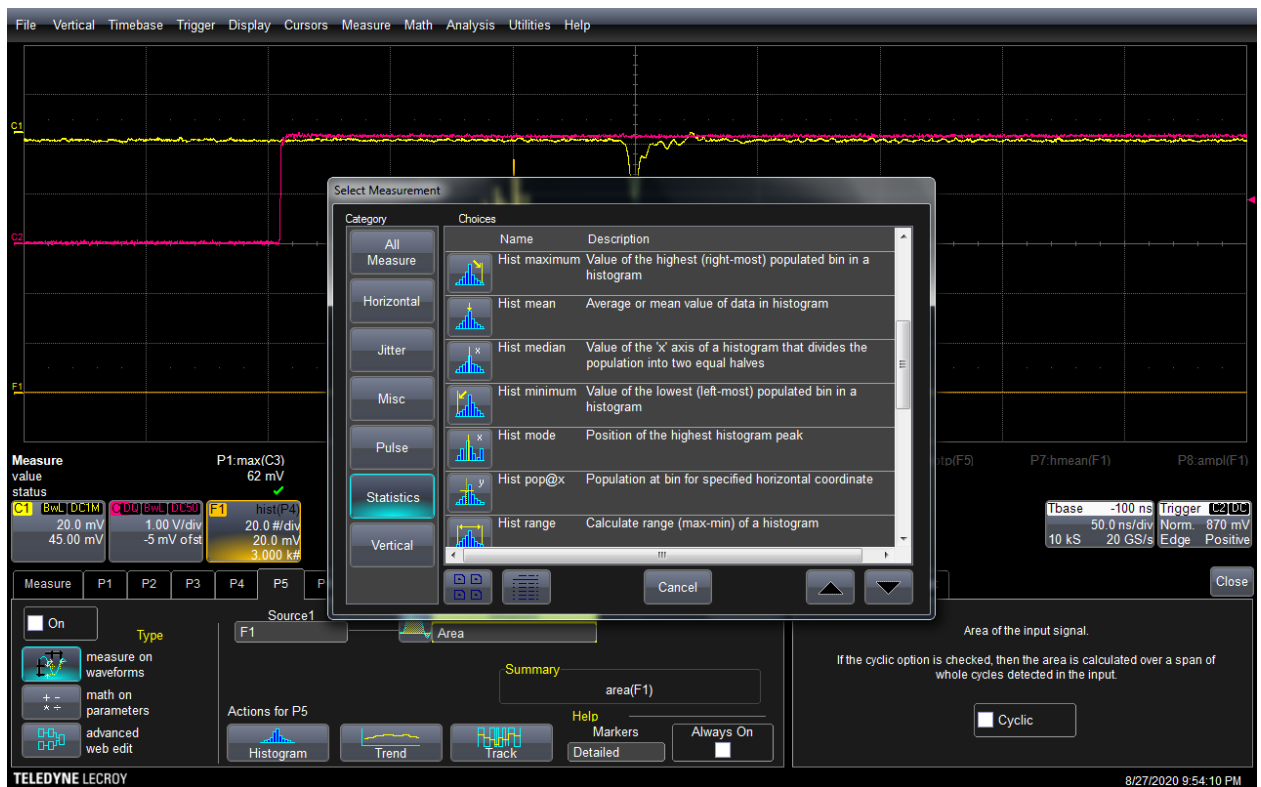


Рис. 23. Работа с осциллографом

Должно появиться окошко значения среднего гистограммы, а также графическое представление этого измерения в виде вертикальной полосы (Рис. 24)

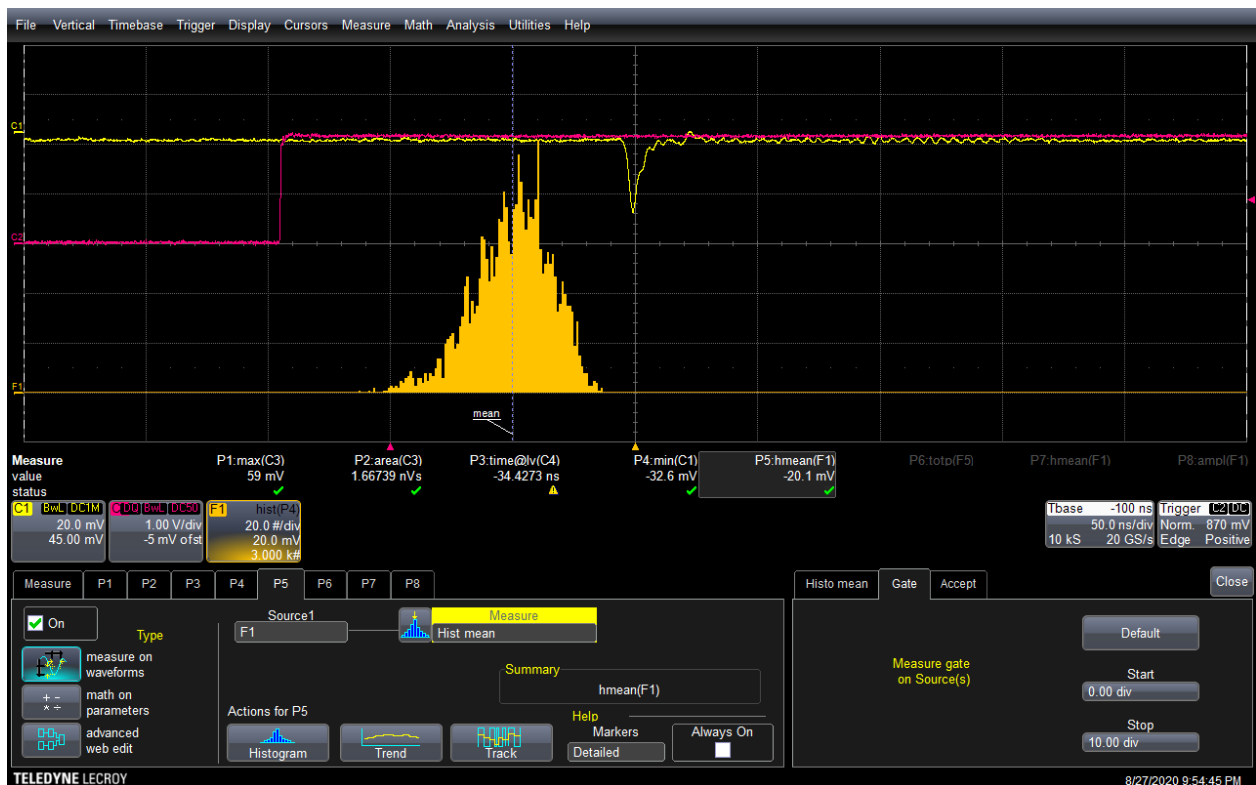


Рис. 24. Работа с осциллографом

- 8.7. В случае, если значение P5 показывается со знаком сравнения («>...» или «<...»), надо отрегулировать параметры гистограммы, как описано в п. 8.5, для помещения всей гистограммы на экран.
- 8.8. В случае, если гистограмма не обновляется, необходимо нажать физическую клавишу «CLEAR SWEEPS» на осциллографе (Рис. 25)



Рис. 25. Работа с осциллографом

9. Провести измерение амплитудного разрешения от амплитуды сигнала ФЭУ:
 - амплитуда сигнала изменяется интенсивностью светового импульса;
 - амплитуда изменяется напряжением на ФЭУ.
10. Провести временные измерения аналогичные п.6.
11. Установить разный порог привязки к импульсам с ФЭУ:
 - постоянный 10 мВ, провести измерение временного разрешения от амплитуды в диапазоне входных импульсов от 20 мВ до 1000 мВ;

- 50 мВ, провести измерение временного разрешения для амплитуды от 100 до 1000мВ;

- следящий порог – 20% относительно амплитуды, провести измерение временного разрешения от амплитуды в диапазоне от 20 до 1000 мВ.

Для этого:

11.1.Добавить измерение, выбрав в качестве источника канал C1 (на который поступают сигналы от ФЭУ), а в качестве измеряемой величины – время от запуска до достижения сигналом заданного уровня амплитуды (см. Рис. 26).



Рис. 26. Работа с осциллографом

11.2.Убедиться, что во вкладке «Gate» установлены правильные ворота для нахождения импульса сигнала (см. Рис. 27)



Рис. 27. Работа с осциллографом

11.3. Добавить гистограмму и необходимые параметры

11.4. Для того, чтобы гистограммы не накладывались друг на друга и на сигналы, можно разделить окно осциллограмм на 4 части, и переключать конкретные каналы/функции между окнами кнопкой «Next Grid» (см. Рис. 28)

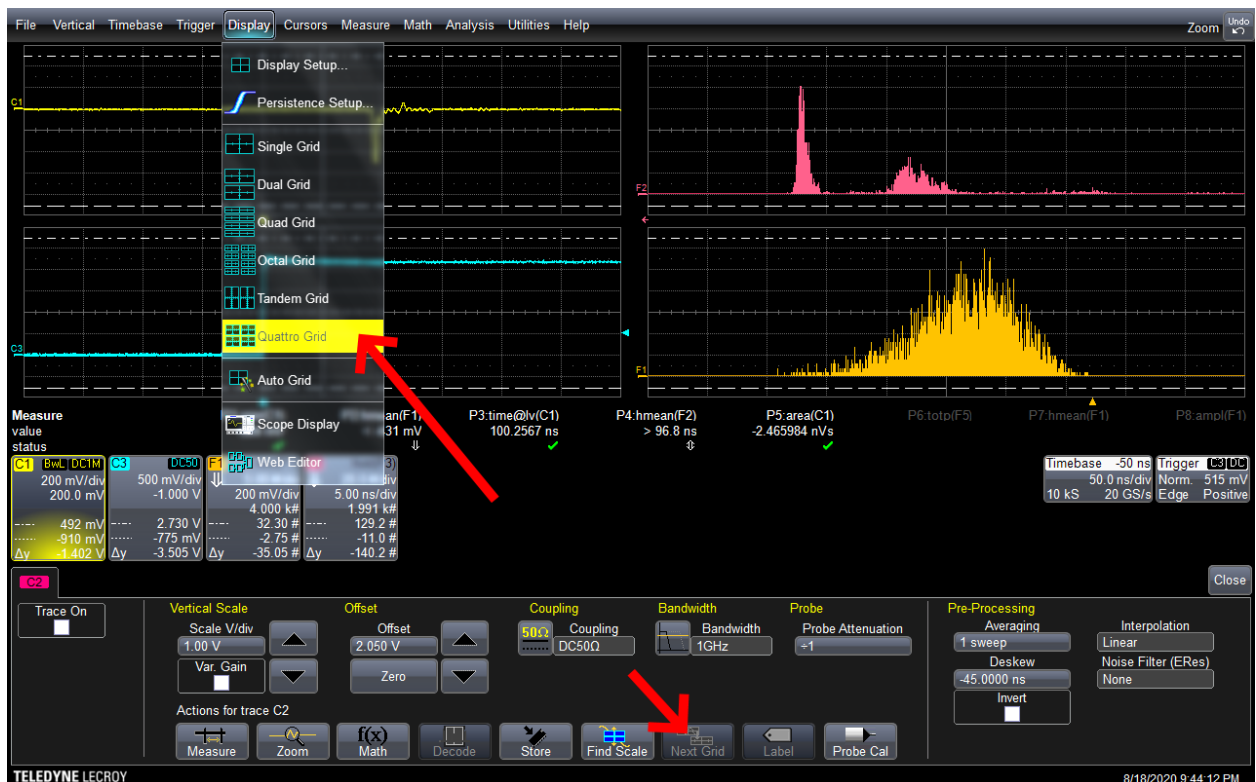


Рис. 28. Работа с осциллографом

Литература

Гаврилов Л.Е. Основы ядерной электроники. Ч.1: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 164 с.

Терешков В.В., Цветков Ф.А., Лабынцев А.В. Цифровые осциллографы: теоретические основы применения: Учебное пособие / Под ред. В.В. Терешкова. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – 84 с.

Полное руководство оператора WaveRunner 6 Zi/HRO Oscilloscopes Operator's Manual.© 2017 Teledyne LeCroy, Inc. All rights reserved.
<http://cdn.teledynelecroy.com/files/manuals/waverunner-6zi-operators-manual.pdf>