

**HDO4000** 200/ 350/ 500 МГц, 1 ГГц (2 и 4 кан)

**HDO6000** 350/ 500 МГц, 1 ГГц (4 кан)



Новые серии цифровых осциллографов высокого разрешения HDO (High Definition Oscilloscopes)

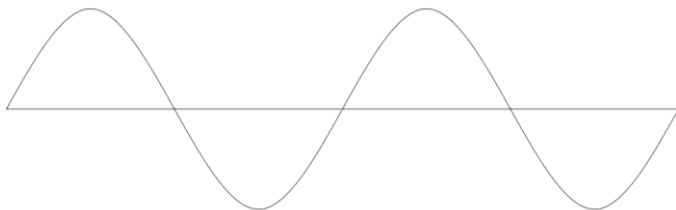


**TELEDYNE LECROY**  
Everywhere you look™



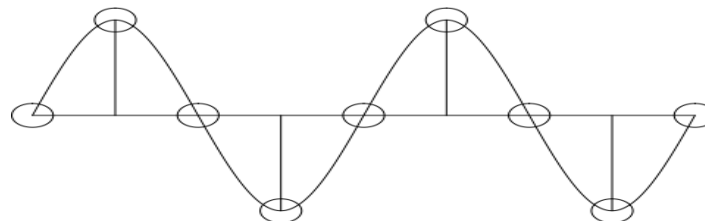
## Аналоговый

*Входной сигнал напрямую отображается лучом ЭЛТ на экране*

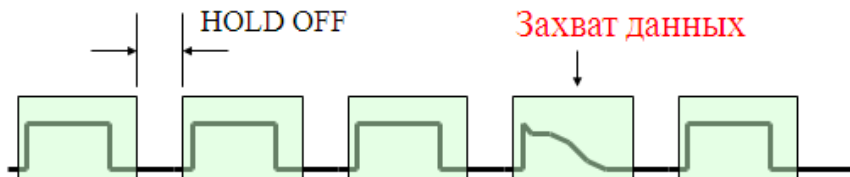


## Цифровой запоминающий (ЦЗО)

*Происходит выборка входного сигнала, затем обработка и интерполяция, далее вывод формы сигнала на экран*



## Аналоговый осциллограф



Аналоговый осциллограф имеет короткий интервал простоя («мёртвое» время), обусловленное обратным ходом луча отклоняющей системы области. При этом не требуется затрат времени на обработку данных центральным процессором (CPU).

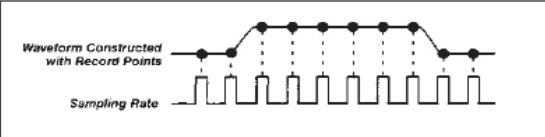
**В итоге: вырожденный импульс в структуре сигнала – захвачен и отображен на экране.**

## Цифровой запоминающий (ЦЗО)



Цифровой осциллограф имеет более длительное время ожидания начала сбора данных, связанное с необходимостью обработки отсчетов, процессами их преобразования, измерения и вывода формы реального сигнала на экран.

**В итоге: данные о сигнале могут быть потеряны.**

- Полоса пропускания
    - Спецификации пропускной способности характеризуют диапазон частот, в котором осциллограф способен выполнить сбор данных и точно измерить параметры сигнала
    - Полоса пропускания выражается в мегагерцах (МГц) или гигагерцах (ГГц)
  - Частота дискретизации
    - В цифровых осциллографах частота дискретизации показывает количество выборок входного сигнала в секунду, которое делает АЦП (отсчетов).
- 
- Максимальная частота дискретизации выражается в мега- или гигагерцах (МГц/ ГГц).
  - Чем больше частота дискретизации осциллографа (скорость выборки), тем более точно и достоверно он представляет мелкие детали высокочастотного сигнала.
- Длина записи
  - Длина записи показывает количество точек внутренней памяти, которое может захватить осциллограф для оцифровки входного сигнала за один проход развертки системы сбора данных
  - Длина записи выражается в мегабайтах (МБ)

- Наряду с полосой пропускания, дискретизацией и длиной памяти осциллографы характеризуются очень важным параметром - *разрядностью АЦП* (разрешением)
- Вертикальное разрешение осциллографа (по напряжению) определяется разрядностью АЦП, используемого в системе сбора данных
- Обычные типовые осциллографы для оцифровки входного сигнала используют 8-битный АЦП



- Число реальных бит АЦП (уровней квантования) определяет разрешение цифрового осциллографа
- Более высокое разрешение ЦЗО означает, что он способен более детально отобразить сигнал и точнее выполнить измерения его параметров
- ***HDO осциллографы высокого разрешения от LeCroy являются новым поколением, обеспечивая в 16 раз лучшее разрешение, чем традиционные 8 битные приборы***

## Легенда от LeCroy

### **HRO 6Zi**

Впервые АЦП по вертикали вместо 8-бит стал иметь 12 разрядов



**В 16 раз лучше !!!**

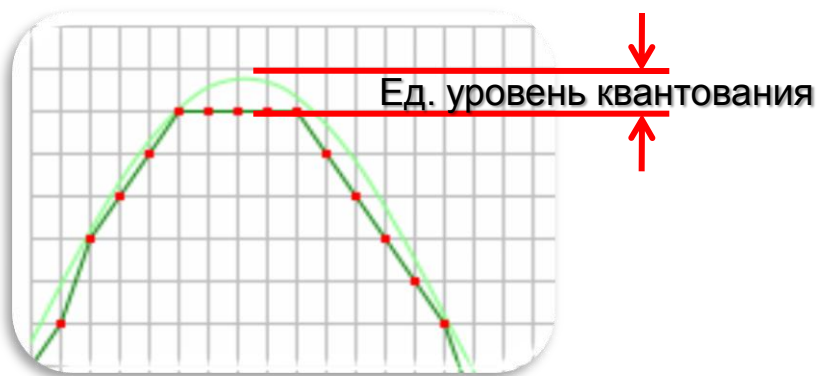
# Как работает и что даёт высокое разрешение?



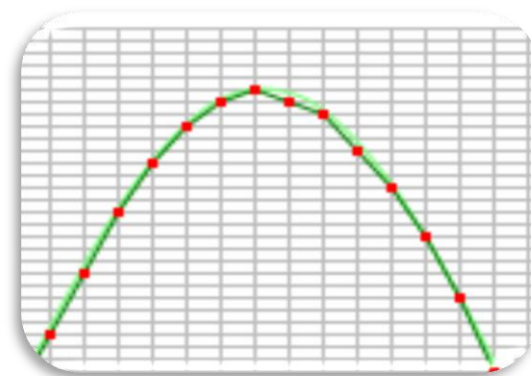
- Доступное число уровней квантования АЦП =  $2^N$

Число разрядов АЦП (N)	Число уровней квантования	Динамический диапазон
8	256	~48 дБ
12	4096	~72 дБ

- Общее кол-во уровней квантования с 12битн. АЦП - **в 16 раз больше !!!**



с низким 8-битным разрешением



с разрешением 12 бит

Шкала термометра может представлять собой показательный пример квантования по различному числу уровней:

- На правой шкале градация через каждые  $10^\circ$ , на левой - шаг градуировки температуры составляет  $1^\circ$
- Очевидно, что левая шкала имеет в 10 раз больше уровней квантования (разрешение по температуре), и тем самым обеспечивает более точные измерения.



**Справа :**  
значение температуры между  $-5^\circ$  и  $+5^\circ$ , где то  $\sim 0^\circ\text{C}$

(в области цифровых измерений с таким квантованием, значения температуры измерялись бы с шагом  $5^\circ\text{C}$ )

**слева:**  
точные измерения  
 $t = +1^\circ\text{C}$

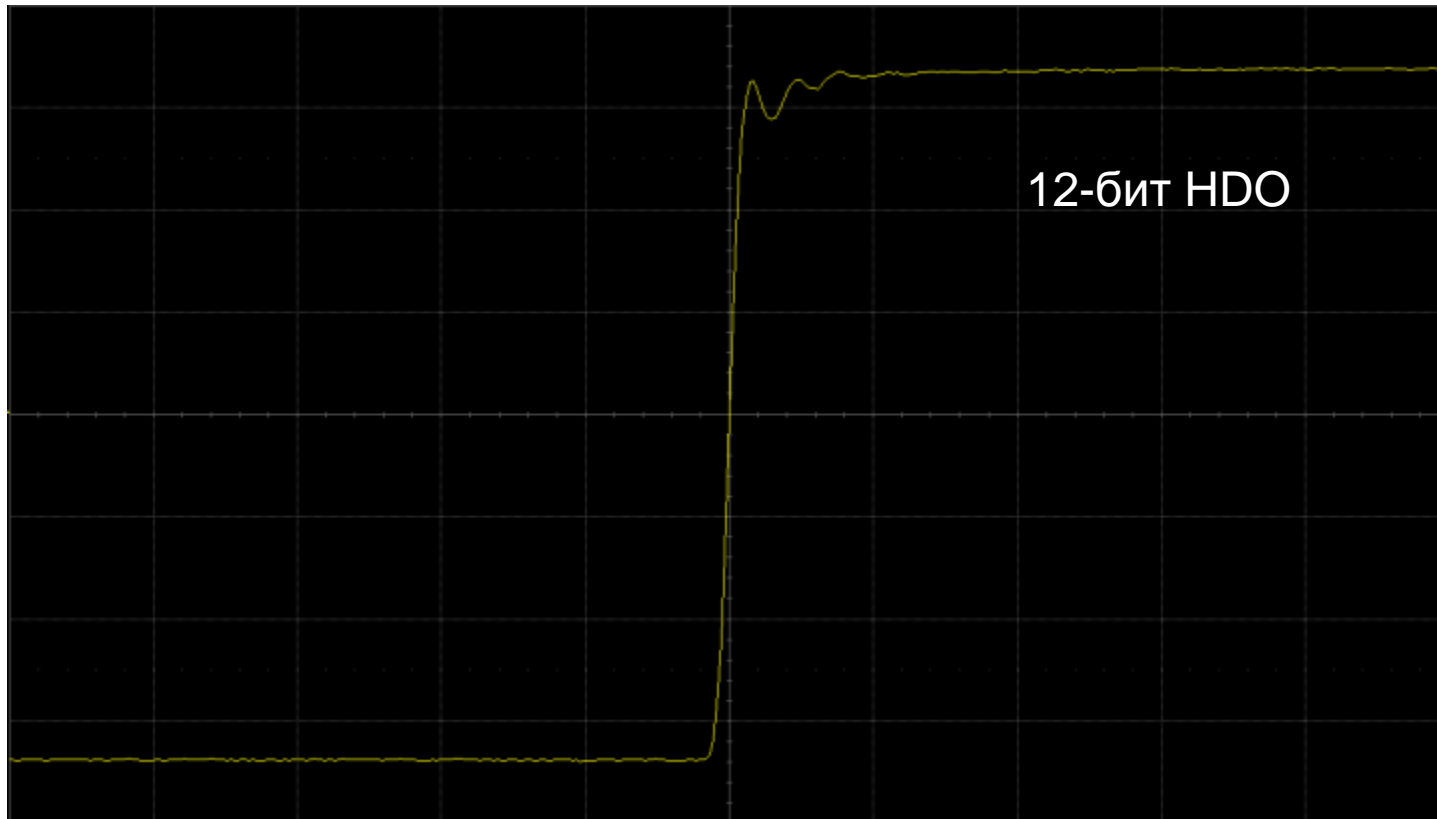


## HDO6000/4000

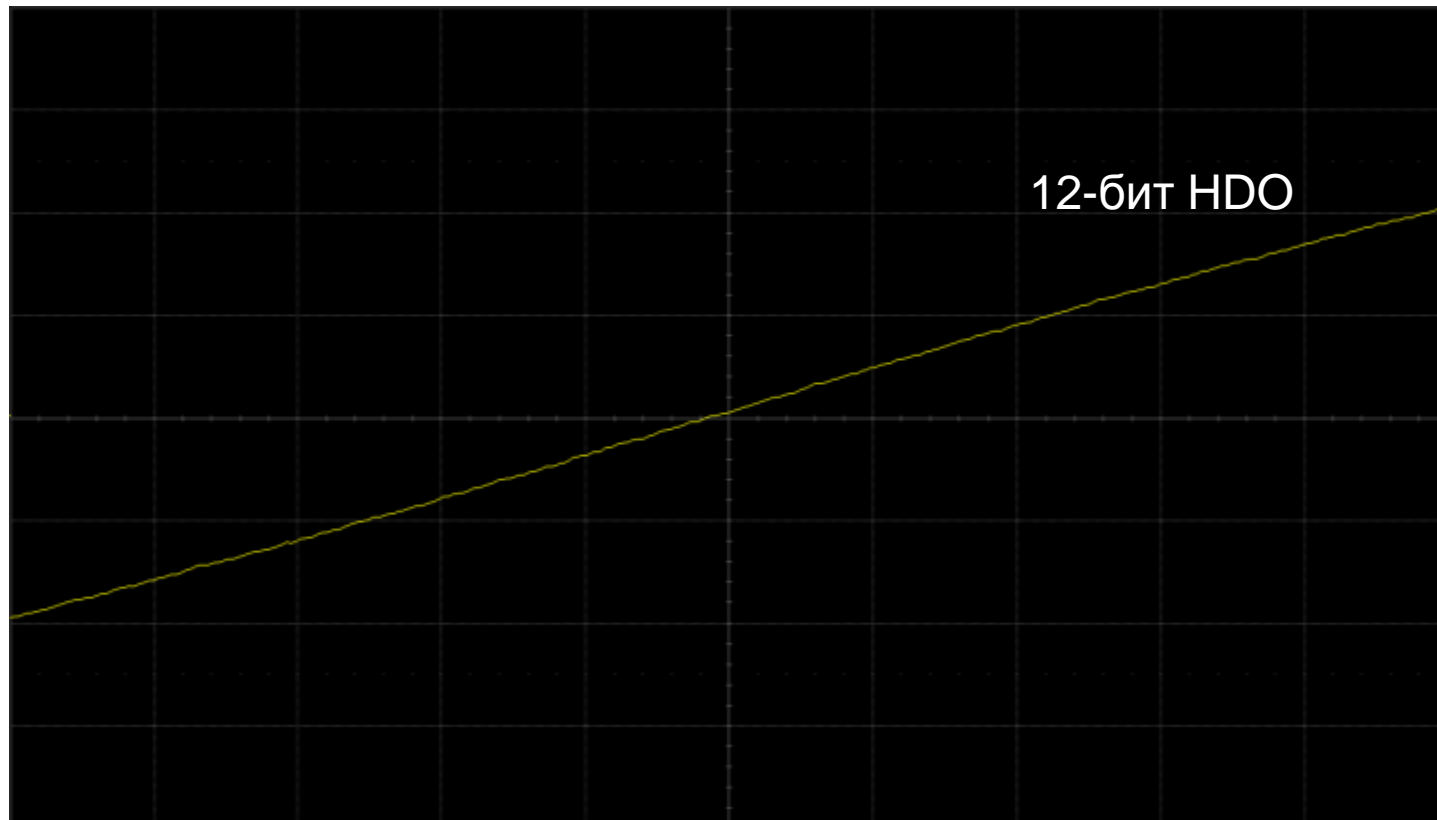


- HD4096 это сочетание
  - 12-битного АЦП с высокой частотой дискретизации
  - лучшее соотношение сигнал-шум на входе усилителя
  - применение системной архитектуры с низким уровнем собственного шума
- Разрешение **в 16 раз** больше, чем у других осциллографов на рынке СИ
- Захват, сбор данных и отображение входных сигналов с частотой **до 1 ГГц**
- Преимущества:
  - Большой дисплей
  - Чистые и точные формы сигналов
  - Больше деталей и нюансов на осциллограмме
  - Прецизионные измерения и анализ

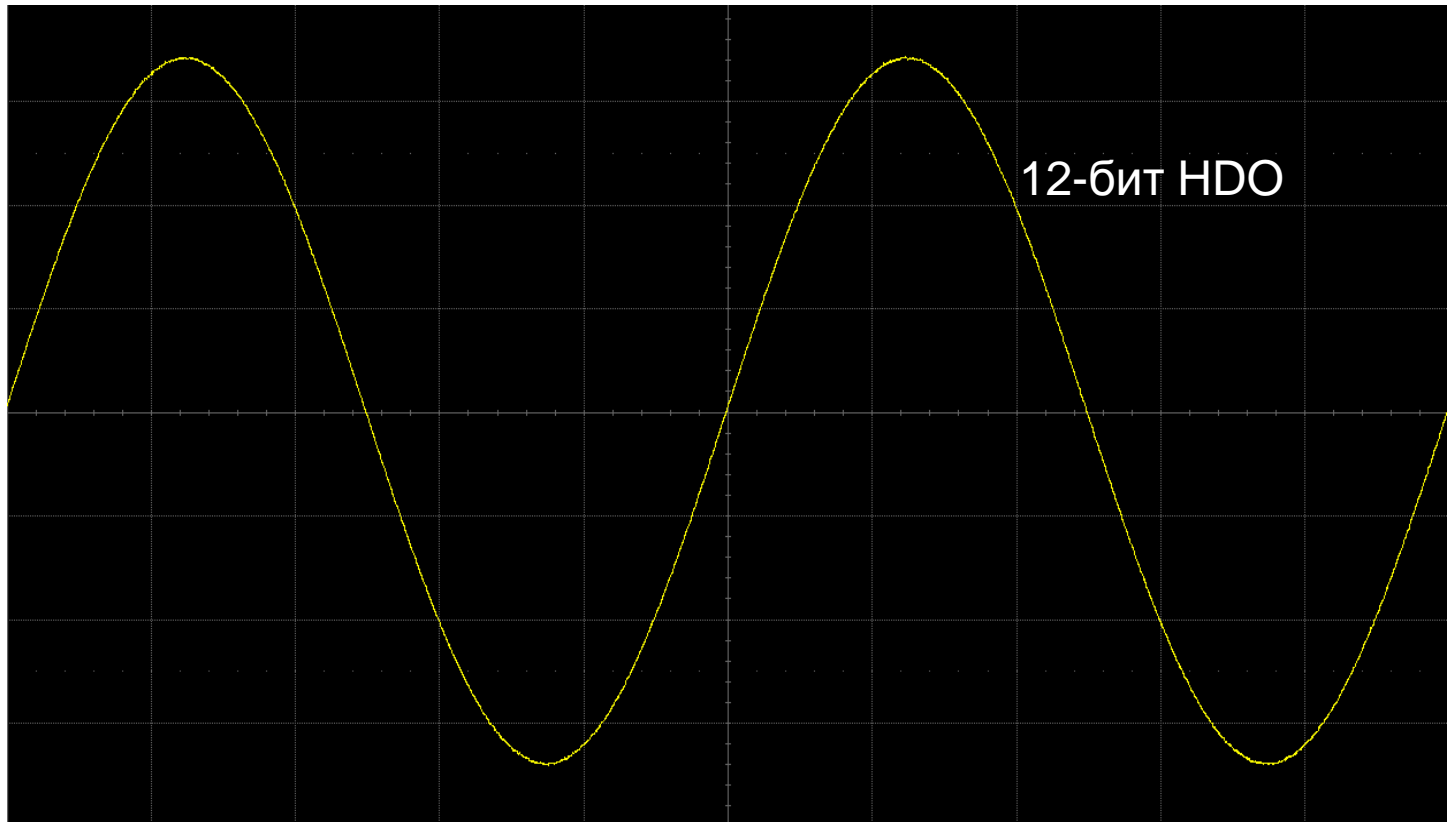
# HD4096 – точный и кристально четкий сигнал



# HD4096 – точный и кристально четкий сигнал



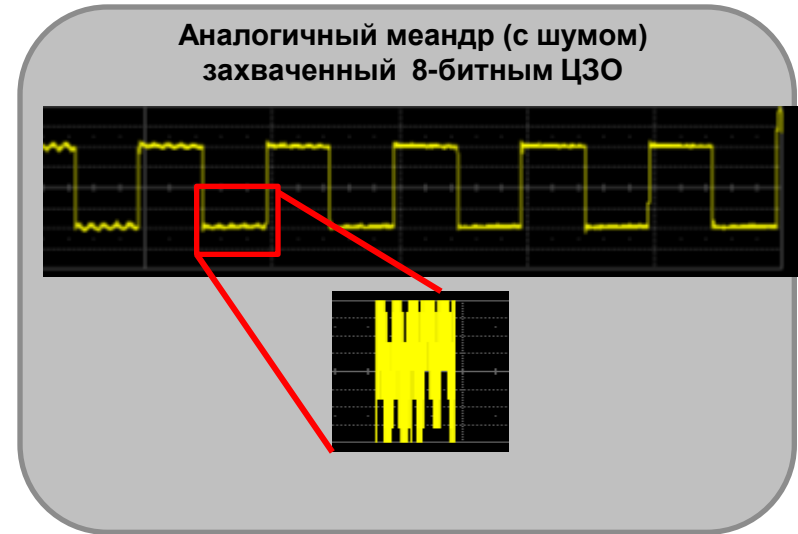
# HD4096 – точный и кристально четкий сигнал



- Благодаря высокому вертикальному разрешению 12 бит видны все особенности формы осциллограмм, детали сигнала не теряются в шумах, что обусловлено минимальной ошибкой квантования



Пulseции ясно видны на фоне шума

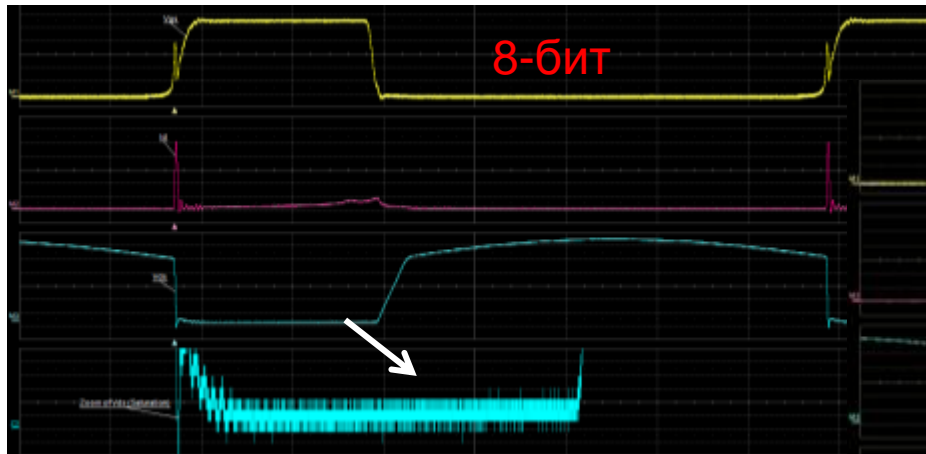


Пulseции скрыты в шуме

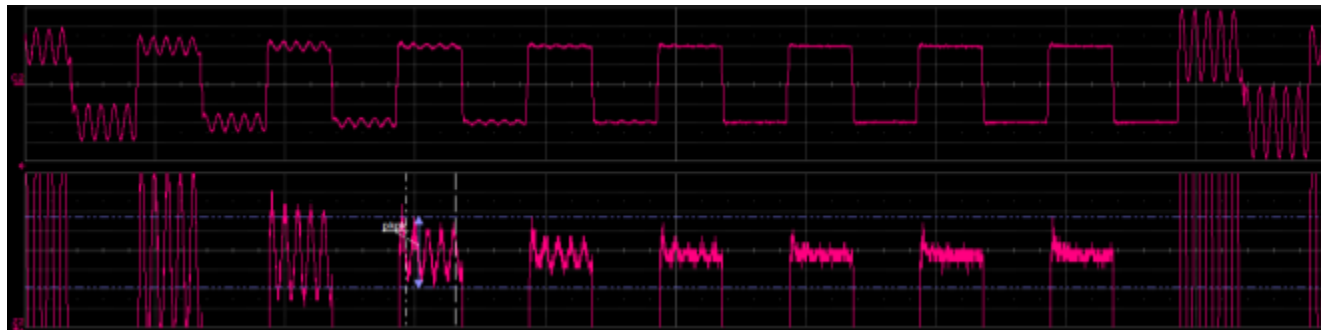
# Преимущества HD4096 – больше деталей сигнала



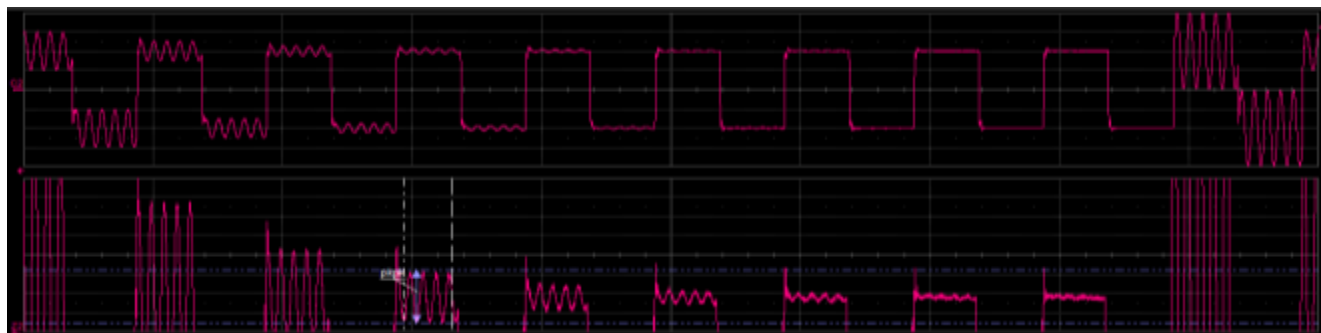
- Тест MOSFET, IGBT драйверов (силовых ИС и автомобильных приложений), сигналы систем управления электропитанием, а также устройств с использованием ШИМ-модуляции
- Задача: пользователю необходимо детально видеть форму напряжения насыщения ( $V_{DS}$ )
- ЦЗО с АЦП 8-бит нечетко отображает форму напряжения насыщения, без необходимой детализации, шумы скрывают полезный сигнал (**слева**)



- 12-битный **HDO** отображает сигнал  $V_{DS}$  чётко, со всеми деталями формы (**справа**)



Осциллограф 8-бит



HDO имеющий АЦП 12-бит

- 12-битное АЦП обеспечивает более точные результаты измерений
- Измерения в 8-битных осциллографах включают большие шумы квантования
- 12-битный HDO, имеющий **в 16 раз** больше число уровней квантования - детальнее характеризует сигнал
- Результаты измерения напряжения Пик-Пик (за 4-е цикла колебаний) разных АЦП:
  - 8 бит = 165 мВ
  - 12 бит = 134 мВ

# Осциллографы высокого разрешения



- АЦП с вертикальным разрешением **12 бит**, с увеличением до 15 бит в режиме Eres (enhanced resolution)
- Полосы пропускания **200, 350, 500 МГц, 1 ГГц**
- Длинная память – до **250 МБ/кан** (опция)
- Большой сенсорный дисплей 30 см (Multi-touch)
- Режим **WaveScan** – мощный инструмент поиска и локализации проблем при отладке
- Функция **LabNotebook** – документирования и формирования отчетов измерений
- Режим **History** – воспроизведение сохраненных осциллограмм из памяти (просмотр истории сигнала)
- Режим анализатора спектра/**Spectrum Analyzer** (стандартно для **HDO6000**)
- Программное обеспечение анализа мощности/**Power Analysis**
- Синхронизация и декодирование сигналов последовательной шины/**Serial Data** (широкий перечень опциональных протоколов)





# Две линейки: HDO4000 и HDO6000



Цель: предоставление преимуществ технологии **HD4096** наибольшему числу пользователей.

Решение: созданы **2 серии** осциллографов высокого разрешения **HDO** (высокой чёткости)

- **HDO4000** является инструментом, который обеспечивает высокое разрешение 12 бит для облегчения задач измерений и анализа сигналов, а также для быстрого тестирования электронно-цифровых устройств
- **HDO6000** представляет собой 12 битный осциллограф нового поколения, ещё более мощный и предназначенный для серьёзных измерительных приложений, продвинутого анализа сигналов, для быстрого поиска проблем при отладке.

## ■ HDO4000:

- 200 МГц – 1 ГГц
- Разрешение 12 бит
- Дискретизация 2.5 ГГц, память 12.5 Мб/кан (стандартно)
  - Увеличение до 50 Мб (при объединении - опция)
- Цветной сенсорный дисплей 30 см (multi-touch)
- Анализатор спектра – опция
- Параметры ОС и архитектура: процессор 1.6 ГГц/ Celeron с памятью ОЗУ 2 ГБ

## ■ HDO6000:

- 350 МГц – 1 ГГц
- Разрешение 12 бит
- Дискретизация 2.5 ГГц, память **50 Мб/кан**
  - Увеличение до **250 Мб** (при объединении - опция)
- Цветной сенсорный дисплей 30 см (multi-touch)
- Анализатор спектра– **стандартно**
- Параметры ОС и архитектура: процессор **2.5 ГГц/ i5 с памятью ОЗУ 4 ГБ**

# Сравнение серий – ресурсы анализа и отладки

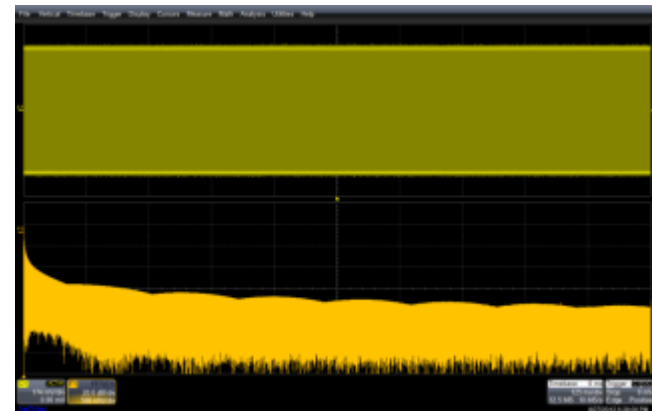
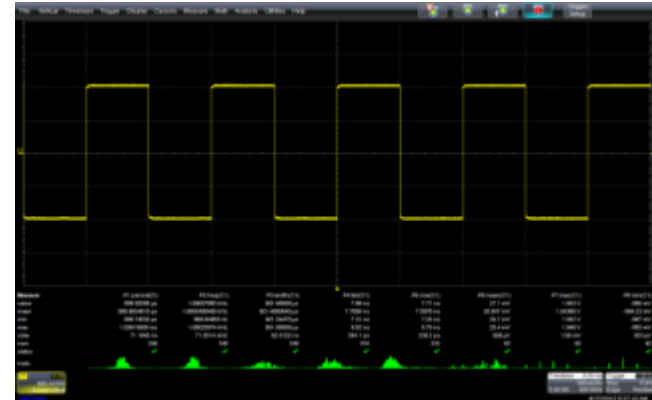


	HDO4000	HDO6000
Отображение осциллограмм математики	2	8
Число измеряемых параметров	31	56
Число отображаемых параметров	8 (одновременно); статистка, тренд, гистограмма	8(одновременно); статистка, тренд, <b>трэк и гистограммы</b>
Стандартные инструменты	WaveScan, LabNotebook, Sequence, History	WaveScan, LabNotebook, Sequence, History <b>Spectrum, TriggerScan</b>
Опциональные пакеты и режимы	Spectrum, Power, Serial Trigger and Decode	Power, Serial Trigger and Decode, <b>JitKit, Serial Data Mask, Disk Drive Measurement, Advanced Customization, EMC, Digital Filtering</b>

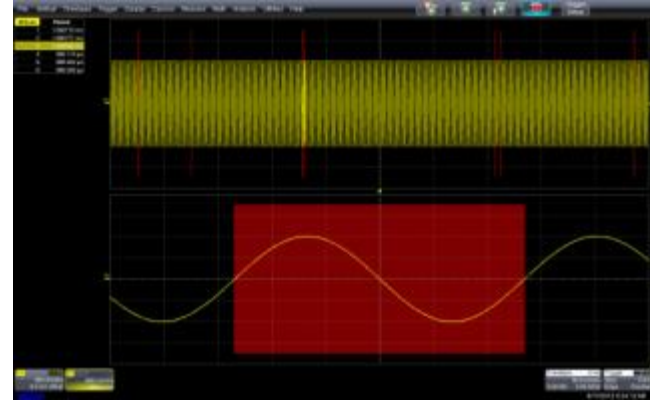
- Модели серий **HDO4000/ 6000** являются единственными осциллографами в своем классе, которые оснащены сенсорным широкоформатным экраном
- Интуитивный сенсорный интерфейс облегчает управление:
  - Настройка входных каналов (1/2; 1/2/3/4)
  - Меню синхронизации и запуска
  - Функции математики
  - Измеряемые параметры
- Продвинутый сенсорный дисплей 30 см
  - Растяжка и уменьшение (multi-touch)
  - Панорамирование (листание и перетаскивание)
  - Жесты многозадачности (1, 2, 3 точки касания)
  - Стлиус для удобства точных манипуляций
  - Активная TFT-матрица (WXGA, 1280 x 800)



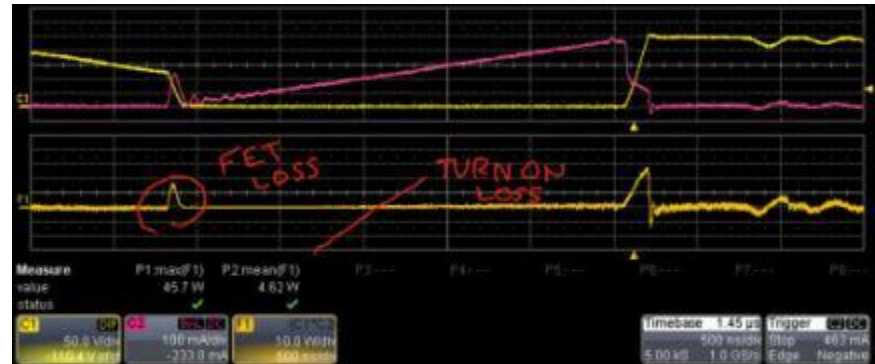
- Технология **HD4096** обеспечивает прецизионность анализа, уменьшает неточности измерения параметров и применения математики
- Различные математические функции обработки сигналов для анализа при отладке и поиске проблем:
  - Одновременное отображение на экране двух осциллограмм математики
  - Результирующая форма поддерживает применение к сигналу последовательно 2-х операторов математики
  - Большой набор измеряемых параметров для количественной оценки сигнала
  - Одновременное отображение на дисплее результатов измерений **8 параметров**
  - Статистическая обработка данных: среднее значение, стандартное отклонение (СКО), мин, макс и количественная информация
- Иконки гистограмм (Histicons) обеспечивают просмотр предварительных данных статистики по каждому из выбранных измерений, а графическую также детализацию статистического распределения (гистограммы)



- **WaveScan** - Расширенный поиск и обнаружение аномалий
  - автоматически анализирует осциллограммы для локализации рантов, глитчей или других аномалий сигнала
  - ведет поиск среди захваченных осциллограмм или сканирует «живые» входные сигналы на экране
- **History** (режим История) – по-кадровое воспроизведение сигнала из буфера
  - режим всегда активирован
  - быстро показывает историю всех сигналов из буферной памяти нажатием одной кнопки
  - прокрутка назад во времени для изолирования аномалий в сигнале



- Позволяет сохранить и задокументировать осциллограммы, значения параметров и изображения экрана – всё сразу!
- Аннотации к экранным изображениям с помощью сенсорного экрана
- Создание пользовательских отчетов и протоколов измерений для документального оформления результатов тестирования
- Функция **Flashback**, позволяет осциллографу мгновенно загрузить автоматически сохраненный профиль и вернуться к тому состоянию настроек, в котором прибор находился в момент сохранения конкретной осциллограммы из отчета (например, для воспроизведение опыта в другом месте)
  - Измерить и проанализировать осциллограмму, воспроизведенную из памяти, таким же способом, как если бы она была только, что захвачена на экране

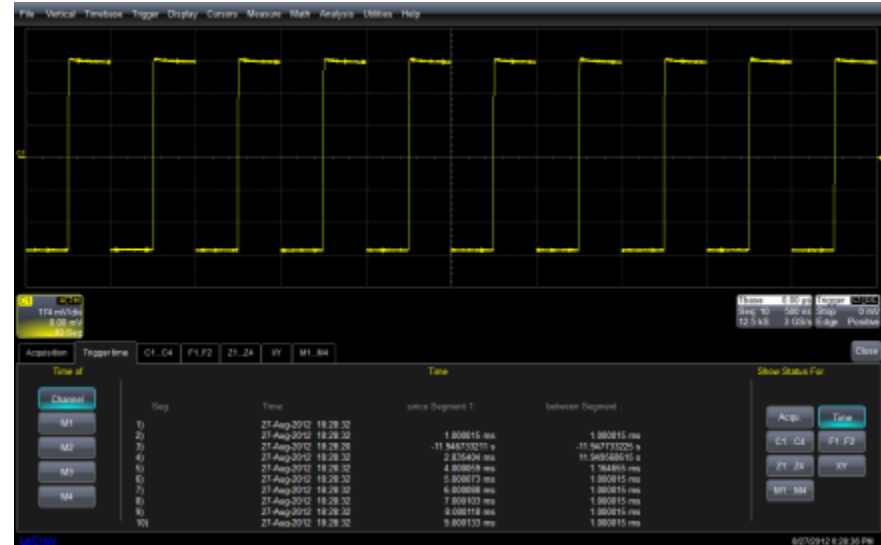


Скриншот экрана HDO:  
важные пометки и комментарии  
прямо на осциллограмме – быстро и удобно

# Режим сегментированной памяти: Sequence



- Сегментированная развертка обеспечивает структурирование внутренней памяти на единичные сегменты - в виде сохраненных осциллограмм сигнала
- При сборе данных каждый сегмент будет захвачен и сохранён в памяти (при наступлении заранее обусловленных условий синхронизации и запуска)
- Это идеальное решение для регистрации множества импульсов в быстротечной последовательности или записи событий, разделенных большим промежутком времени.
- Все события синхронизации имеют привязку ко времени и доступны для визуального контроля пользователем.



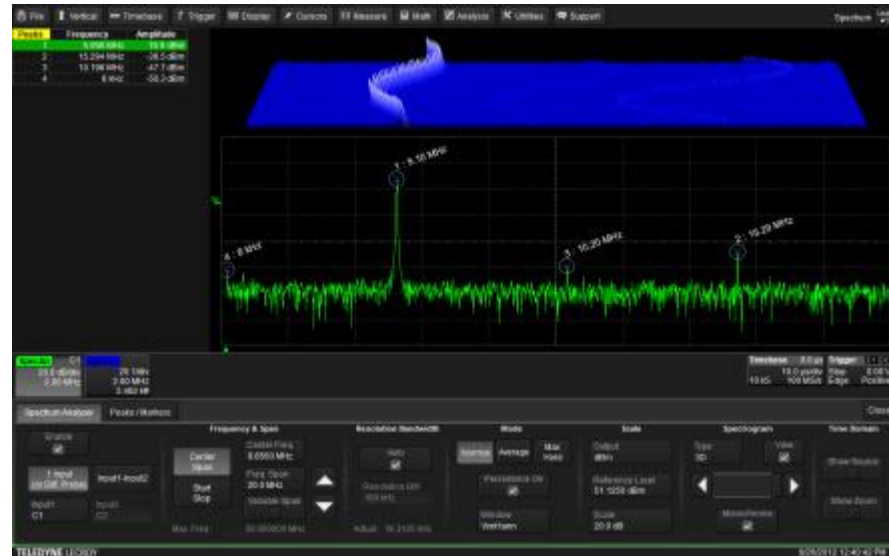
**Сегментированный режим:**  
**максимально до 65.000 сегментов**  
(в зависимости от памяти, установленной в осциллограф)



# Программный пакет анализа спектра (Spectrum Analysis)

HD  
4096

- Пакет реализует стиль пользовательского интерфейса спектроанализатора с типичными элементами управления и настройками
  - Быстрый выбор центральной частоты, установка частотного диапазона (старт/ стоп) и полосы обзора (BW).
- Функция «**Автопоиск пиков**» спектральных компонентов с индикацией различных типов маркеров (20 маркеров - 10 пар) для амплитудно-частотных измерений
- Интерактивная сводная таблица для быстрой навигации между различными пиками и выводом результатов маркерных измерений
- режим «**Спектрограмма**» для отображения истории частотного домена во времени в формате 2D/ 3D.

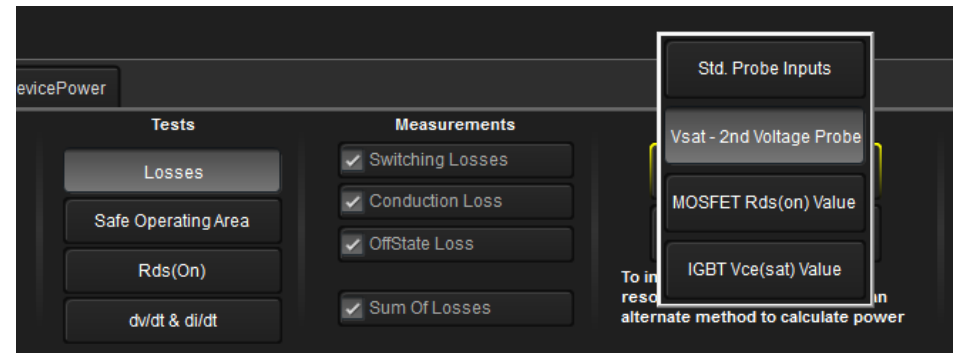


В верхней части экрана:  
визуализация истории частотного домена  
в формате 3D (реж. «Спектрограмма»)

# Программный пакет анализа мощности (Power Analysis)



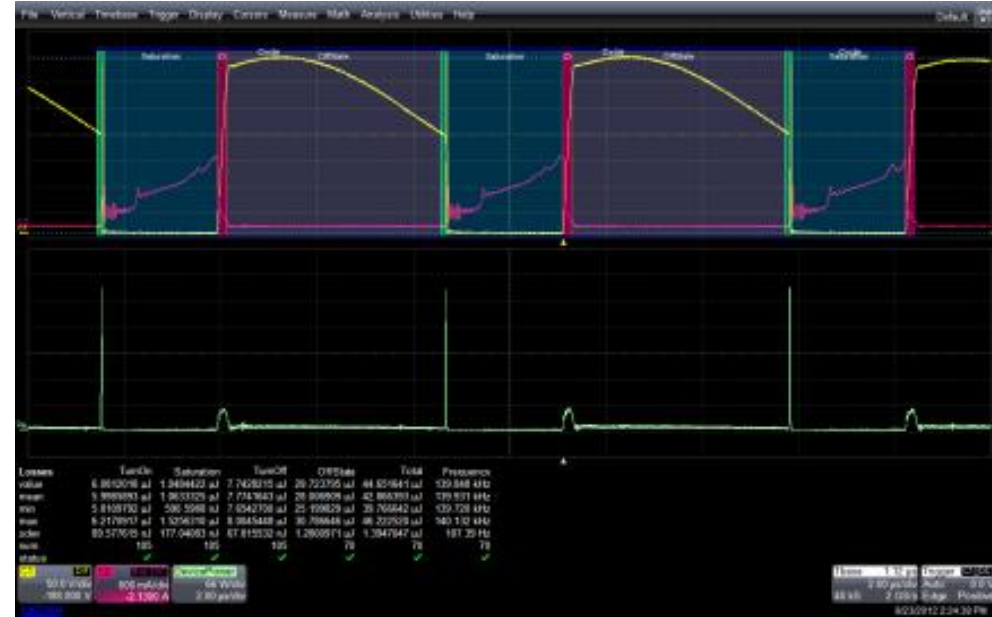
- Измерение и анализ эксплуатационных характеристик устройств преобразования напряжения и цепей с переключением электропитания
- Оптимизированный пользовательский интерфейс для управления настройками меню на различных этапах анализа
- Режимы оперативного контроля и управления:
  - Измерение устройств с переключением напряжения, с ШИМ и другими типами модуляции
  - Контроль цепей обратной связи и анализ сигналов во временной области
  - Анализ гармоник напряжения сетевого питания (тест на соответствие)



# Программный пакет анализа мощности (Power Analysis)



- Автоматическое обнаружение и измерение времени включения, выключения и расчет потерь мощности (рассеяние на проводимость  $R_{ds}$ )
- Идентификации потерь мощности на форме огибающей мощности с цветоразностным выделением сигналов наложения



# Пакет декодирования последовательных данных: (опции Serial Trigger and Decode)



- Отображение декодированного протокола с интуитивно понятным цветовым разделением путем наложения на форму анализируемого сигнала (на физическом уровне)
- Синхронизация по параметрам посылки конкретного протокола (атрибутам) для быстрой локализации сообщения в потоке последовательной передачи данных
- Декодирование **одновременно до 4-х протоколов**. Возможность комбинации любого протокола и различной скорости его передачи.
- Таблица декодирования отображает сводную информацию данных протокола. Одним касанием на интересующую область обеспечивает поиск и вывод специфических сообщений (Zoom)
- Широкий перечень протоколов:
  - I<sup>2</sup>C, SPI, UART/RS232
  - CAN, LIN, FlexRay, SENT
  - Audio (I<sup>2</sup>S, LJ, RJ, TDM)
  - DigRF3G, DigRFv4, DPHY
  - ARINC429, MIL-STD 1553
  - USB 1.0/1.1/2.0, USB-HSIC



# Спецификации серий



	HDO6034	HDO6054	HDO6104
Полоса пропускания	350 МГц	500 МГц	1 ГГц
Число вх. каналов	4	4	4
Разрешение АЦП	12 бит	12 бит	12 бит
Дискретиз. (по всем кан)	2.5 Гвыб/с	2.5 Гвыб/с	2.5 Гвыб/с
Память	50 МБ/кан	50 МБ/кан	50 МБ/кан
Макс. память (опция)	250 МБ	250 МБ	250 МБ
Дисплей (сенсорный)	30 см	30 см	30 см






	HDO4022	HDO4024	HDO4032	HDO4034	HDO4054	HDO4104
Полоса пропускания	200 МГц	200 МГц	350 МГц	350 МГц	500 МГц	1 ГГц
Число вх. каналов	2	4	2	4	4	4
Разрешение АЦП	12 бит	12 бит	12 бит	12 бит	12 бит	12 бит
Дискретиз. (по всем кан)	2.5 Гвыб/с	2.5 Гвыб/с	2.5 Гвыб/с	2.5 Гвыб/с	2.5 Гвыб/с	2.5 Гвыб/с
Память	12.5 МБ/кан	12.5 МБ/кан	12.5 МБ/кан	12.5 МБ/кан	12.5 МБ/кан	12.5 МБ/кан
Макс. память (на кан/ при $\Sigma^*$ )	25 МБ / 50 МБ	25 МБ / 50 МБ	25 МБ / 50 МБ	25 МБ / 50 МБ	25 МБ / 50 МБ	25 МБ / 50 МБ
Дисплей (сенсорный)	30 см	30 см	30 см	30 см	30 см	30 см

\*- при объединении

# HDO4000: Сравнение с аналогами - ПП ≤ 500 МГц





	RTM1000	Tektronix DPO4000B	Agilent DSO7000B	Teledyne LeCroy WaveSurfer MXs-B	Teledyne LeCroy HDO4000
Полоса пропускания	500 МГц	350 – 500 МГц	100 - 500 МГц	200 - 600 МГц	200 – 500 МГц
Число вх. каналов	2,4	4	2,4	2,4	2,4
Разрешение АЦП	<b>8 бит</b>	<b>8 бит</b>	<b>8 бит</b>	<b>8 бит</b>	<b>12 бит</b>
Дискретизация (на кан)	2.5 Гвыб/с	2.5 Гвыб/с	2 Гвыб/с	<b>5 Гвыб/с</b>	2.5 Гвыб/с
Макс. дискретизация (при Σ)	5 Гвыб/с	2.5 Гвыб/с	4 Гвыб/с	<b>10 Гвыб/с</b>	2.5 Гвыб/с
Станд. память (на кан/ при Σ)	4 МБ / 8 МБ	20 МБ / 20 МБ	4 МБ / 8 МБ	16 МБ / 32 МБ	12.5 МБ / 25 МБ
Макс. память (при Σ)	4 МБ / 8 МБ	20 МБ / 20 МБ	4 МБ / 8 МБ	16 МБ / 32 МБ	<b>25 МБ / 50 МБ</b>
Сенсорный	нет	нет	нет	<b>да</b>	<b>да</b>
Дисплей	21 см	26 см	30 см	26 см	30 см
Прайс (в евро)				€8,600 - €11,850	€9,200 - €14,000

- Только **HDO4000** имеет вертикальное разрешение 12 бит
- Не жертвует дискретизацией для поддержки разрешения 12 бит – 2,5 Гвыб/с на канал
- Незначительный прирост в цене (R&S, Tek, Agil) за получение высокой производительности разрешения 12 бит и прибор премиум класса

# HDO4000: Сравнение с аналогами - полоса 1 ГГц







	Tektronix DPO4000B	Agilent DSO7000B	Teledyne LeCroy WaveSurfer MXs-B	Teledyne LeCroy HDO4000
Полоса пропускания	1 ГГц	1 ГГц	1 ГГц	1 ГГц
Число вх. каналов	4	4	4	4
Разрешение АЦП	<b>8 бит</b>	<b>8 бит</b>	<b>8 бит</b>	<b>12 бит</b>
Дискретизация (на кан)	5 Гвыб/с	2 Гвыб/с	<b>5 Гвыб/с</b>	2.5 Гвыб/с
Макс. дискретизация (при $\Sigma$ )	5 Гвыб/с	4 Гвыб/с	<b>10 Гвыб/с</b>	2.5 Гвыб/с
Станд. память (на кан/ при $\Sigma$ )	20 МБ / 20 МБ	4 МБ / 8 МБ	16 МБ / 32 МБ	12.5 МБ / 25 МБ
Макс. память (при $\Sigma$ )	20 МБ / 20 МБ	4 МБ / 8 МБ	16 МБ / 32 МБ	25 МБ / 50 МБ
Сенсорный	No	No	Yes	Yes
Дисплей	26 см	30 см	26 см	30 см
Прайс (в евро)			<b>€13,960</b>	<b>€16,300</b>

- Только **HDO4000** имеет вертикальное разрешение 12 бит
- Выборка 2,5 Гвыб/с вполне адекватна полосе частот до 1 ГГц, но ряд пользователей могут предпочесть дискретизацию  $\geq 5$  Гвыб/с
  - **WaveSurfer MXs-B** является лидером сравнения с макс. значением 10 Гвыб/с.
- Незначительный прирост в цене (Tek, Agil) за получение высокой производительности разрешения 12 бит и прибор премиум класса

# HDO6000: Сравнение с аналогами



350 МГц - 1 ГГц	R & S RTO1000	Tektronix DPO5000	Tektronix DPO7000	Agilent DSO9000	Teledyne LeCroy WaveRunner 6Zi	Teledyne LeCroy HDO6000
Полоса пропускания	1 ГГц	350 МГц - 1 ГГц	500 МГц - 1 ГГц	600 МГц - 1 ГГц	400 МГц - 1 ГГц	350 МГц - 1 ГГц
Число вх. каналов	2,4	4	4	4	4	4
Разрешение АЦП	<b>8 бит</b>	<b>8 бит</b>	<b>8 бит</b>	<b>8 бит</b>	<b>8 бит</b>	<b>12 бит</b>
Дискретиз. (на кан.)	10 Гвыб/с	5 Гвыб/с	5 Гвыб/с	10 Гвыб/с	<b>10 Гвыб/с</b>	2.5 Гвыб/с
Макс. дискретиз. (при объед.)	10 Гвыб/с	5 Гв/с (10 Гв/с @1ГГц)	10 Гвыб/с	20 Гвыб/с	<b>20 Гвыб/с</b>	2.5 Гвыб/с
Станд. память (на кан/ при Σ)	20 МБ / 20 МБ	12.5 МБ / 25 МБ	12.5 МБ / 25 МБ	10 МБ / 20 МБ	16 МБ / 32 МБ	50 МБ / 50 МБ
Макс. память (при объед.)	100 МБ / 100 МБ	125 МБ / 125 МБ	50 МБ / 125 МБ	500 МБ / 1000 МБ	64 МБ / 128 МБ	250 МБ / 250 МБ
Сенсорный дисплей	26 см	26 см	30 см	30 см	30 см	30 см
Прайс					€14,000 - €18,265	€14,280 - €19,580

- Только **HDO6000** имеет вертикальное разрешение 12 бит
- Выборка 2,5 Гвыб/с вполне адекватна для частот до 1 ГГц, но ряд пользователей могут предпочесть дискретизацию  $\geq 5$  Гвыб/с
  - WaveRunner 6Zi** является лидером с макс. значением 20 Гвыб/с.
- Незначительный прирост в цене (vs R&S, Tek, Agil) за получение высокой производительности разрешения 12 бит и прибор премиум класса



# Осциллографы HDO (High Definition Oscilloscopes)



- Разрешение АЦП : 12 бит (с увеличением до 15 бит - ERes)
- Полосы пропускания: 200, 350, 500 МГц, 1 ГГц
- Дискретизация: 2,5 ГГц
- Длинная память: макс. до 250 Мб (опция)
- **WaveScan** - расширенный инструмент поиска проблем и отладки
- **History** - режим обратного воспроизведение осциллограмм (прокрутка назад во времени)
- Режим «Анализатор спектра» (для HDO6000 – стандартно)
- Измерение мощности и анализ устройств преобразования напряжения (опция **PWR**)
- Декодирование и синхронизация последовательных протоколов (опции)
- **Lab Notebook** (записная книжка) - документирование, сохранение данных и формирование отчетов



# Осциллографы HDO (High Definition Oscilloscopes)



Цветной сенсорный (multi-touch) дисплей 30 см со встроенным стилусом и регулировкой положения прибора.

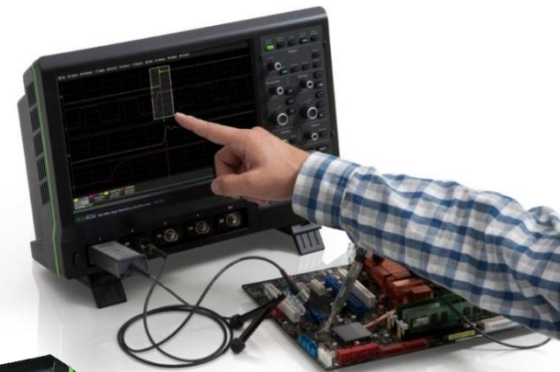
За счет использования вращающихся упоров с откидной секцией обеспечивают установку отрицательного угла наклона экрана.

Очень тонкий корпус прибора

- в глубину всего 13,5 см (занимает минимум места на рабочем столе)

Регулируемые ножки-упоры для выбора удобной позиции :

- обеспечивают 4 фикс. положения для наблюдения экрана с необходимым наклоном по вертикали
- очень удобно при размещении HDO4000/6000 в лаборатории на стойке - выше уровня глаз оператора



**Масса 5,8 кг !**