



Цифровые USB осциллографы
с полосой пропускания 5/16 ГГц

Серия АКИП-4137

Серия АКИП-4138

Серия АКИП-4139



Обзор особенностей серий высокочастотных, лабораторных, компактных, доступных USB осциллографов

- АКИП-4137/1: полоса пропускания 5 ГГц 1 канал
- АКИП-4137/2: полоса пропускания 16 ГГц 1 канал
- АКИП-4138/1: полоса пропускания 5 ГГц 2 канала
- АКИП-4138/2: полоса пропускания 16 ГГц 2 канала
- АКИП-4139/1: полоса пропускания 5 ГГц 4 канала
- АКИП-4139/2: полоса пропускания 16 ГГц 4 канала

Обзор Осциллографа

Совсем недавно, при необходимости приобрести осциллограф с полосой пропускания 5 ГГц пользователь сталкивался с необходимостью значительных финансовых затрат. Серии осциллографов АКИП-4137/4138/4139 устанавливают новый стандарт соотношения цена/качество для USB осциллографов с полосой пропускания свыше 1 ГГц. Каждая серия АКИП-4137/4138/4139 состоит из двух моделей с полосами пропускания 5 или 16 ГГц. Модели между сериями отличаются числом каналов: 1 канал (серия АКИП-4137), 2 канала (серия АКИП-4138), 4 канала (серия АКИП-4139) одно- и двухканальных приборов, с полосой пропускания 5 или 16 ГГц, синхронизацией во всем диапазоне частот, возможностями сбора, отображения, измерения и анализа сигналов сложных форм в диапазоне от пикосекунд до сотен секунд.

Эта серия осциллографов предназначена для инженеров, работающих как в исследовательских лабораториях, так и в производственных цехах, и которым, прежде всего, необходимы приборы для измерения и анализа широкополосных сигналов.

Будучи прямой альтернативой, традиционным настольным осциллографам, эти устройства являются портативными и компактными, а также более доступные по цене. Доступность и функциональность делают новые серии USB осциллографов предпочтительными для использования при обучении в специализированных технических, инженерных училищ и высших учебных заведениях. Набор функциональных возможностей, который был ранее доступен только в дорогих настольных лабораторных осциллографах, позволяет использовать USB осциллографы АКИП в качестве мощного решения для исследований и разработок.

Особенности серии:

- Число каналов: 1, 2 или 4.
- Полосы пропускания: 5 ГГц, 16 ГГц.
- Самый низкий в отрасли, для USB осциллографов, уровень джиттера 1,5 пс.
- 12-разрядное АЦП с частотой дискретизации 500 Мвыб/с на канал в реальном времени.
- Самая высокая в отрасли, для USB осциллографов, эквивалентная частота дискретизации, до 5 Твыб/с.
- Минимальный коэффициент развертки 10 пс/дел.
- Возможность синхронизации сигнала в полной полосе пропускания (до 16 ГГц) для захвата и анализа сложных широкополосных сигналов.
- Дополнительные входы (в зависимости от модели): внешняя синхронизация до 16 ГГц с предварительным делителем частоты
внешняя синхронизация с восстановлением тактовой частоты до 11,3 Гб/с.
- Мощное и гибкое программное обеспечение, простой и интуитивно понятный пользовательский интерфейс со встроенной "OnLine" справкой и демонстрационными обучающими сигналами.
- Отображение сигнала с цветовой градацией, автоматические измерения, построение глазковых диаграмм, тест по маске, гистограммы, математические осциллограммы, встроенный 7-разрядный частотомер, функция БПФ для анализа спектра сигнала, автоматическое масштабирование, сохранение осциллограмм и профилей настроек.
- Интерфейсы: USB (АКИП-4137, АКИП-4138), USB, LAN (АКИП-4139).
- Масса от 370 г, 790 г и 1,52 кг (1 кан/ 2 кан/ 4 кан – соответственно).



Рис. 1.

Три модели осциллографов с полосой пропускания 16 ГГц и временем нарастания 21,9 пс: АКИП-4137/2, АКИП-4138/2, АКИП-4139/2

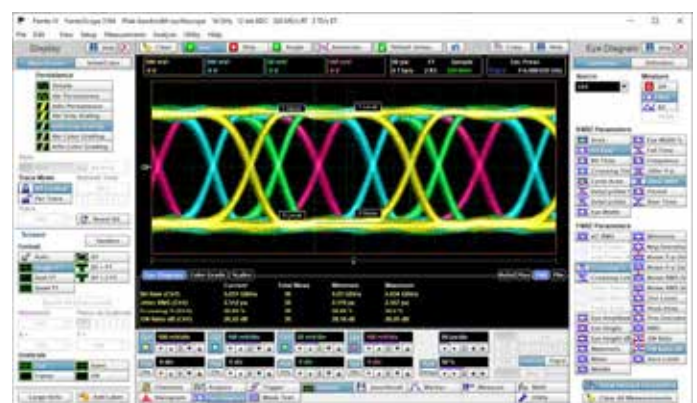


Рис. 2

Программное обеспечение USB осциллографов АКИП-4139А для оптимального и быстрого измерения параметров глазковых диаграмм

Обзор ключевых спецификаций серий АКИП-4137, АКИП-4138 и АКИП-4139

Модель	АКИП-4137/1	АКИП-4138/1	АКИП-4139/1	АКИП-4137/2	АКИП-4138/2	АКИП-4139/2
Число каналов	1	2	4	1	2	4
Полоса пропускания	5 ГГц			16 ГГц		
Коэф. отклонения	10 мВ/дел ... 250 мВ/дел					
Погрешность установки коэф. отклонения	±1,5 % F.S.*		±1,5 % F.S.	±1,5 % F.S.		±1,5 % F.S.
Постоянное смещение	-1 В ... +1 В					
Входной импеданс	50 Ом					
Коэф. развертки (реальное время)	10 нс/дел ... 1000 с/дел					
Коэф. развертки (эквивалентная дискретизация)	50 пс/дел ... 5 мкс/дел			10 пс/дел ... 5 мкс/дел		
Дискретизация реального времени	500 Мвыб/с (макс)					
Эквивалентная дискретизация	1 Твыб/с (макс)			5 Твыб/с (макс)		
Опорный генератор	±2*10 ⁻⁶	±15*10 ⁻⁶		±2*10 ⁻⁶	±15*10 ⁻⁶	
АЦП	12 бит					
Длина памяти	250 кБ (макс)					
Источник синхронизации	Внутренний, Внешний					
Тип синхронизации	Прямой, с делителем	Прямой, с делителем, С восстановлением тактовой частоты, Внешний предварительный делитель		Прямой, с делителем	Прямой, с делителем, С восстановлением тактовой частоты, Внешний предварительный делитель	
Полоса пропускания непосредственного запуска (прямой/ direct)	3 ГГц					
Полоса пропускания с делителем частоты	6 ГГц	6 ГГц		6 ГГц	6 ГГц	
Полоса пропускания с внешним предварительным делителем частоты	Нет	1 ... 16 ГГц		Нет	1 ... 16 ГГц	
Диапазон частот с восстановлением тактовой частоты	Нет	6,5 Мвыб/с ... 5 Гвыб/с		Нет	6,5 Мвыб/с ... 11,3 Гвыб/с	

Новые USB осциллографы, относящиеся к классу дигитайзеров, построены на базе самого современного оборудования и предназначены для выполнения широкого спектра функций совместно с специально разработанным программным обеспечением. Созданные как одноплатный осциллограф, они управляются с компьютера через интерфейс USB. Плата сбора данных включает в себя сверхширокополосные следящие запоминающие усилители, 12-разрядные АЦП с частотой дискретизации 500 МВ/с, высокоскоростную схему синхронизации с суб-пикосекундным разрешением по времени для точной синхронизации. Современный микропроцессор, ПЛИС (FPGA) и прецизионный генератор тактовой частоты обеспечивают гибкость схемы, высокую скорость сбора данных и эффективное взаимодействие с ПК.



Рис. 3 Плата сбора данных USB осциллографа АКІП-4138/2

Полоса пропускания и переходные характеристики

USB осциллографы серий АКІП-4137, АКІП-4138 и АКІП-4139 в зависимости от модели, имеют один, два и четыре входных канала, полосу пропускания 5 ГГц или 16 ГГц, разрешение АЦП 12 бит, высокую скорость синхронизации и обработки данных для захвата, визуализации и измерения высокоскоростных широкополосных аналоговых и цифровых сигналов. Данная серия идеально подходит для захвата импульсных сигналов и переходных процессов с временем нарастания 70 пс или 22 пс, и тактовых сигналов или глазковых диаграмм с частотой 5 Гбит/с или 11,3 Гбит/с. Большинство приложений с высокой пропускной способностью представляют собой непрерывные повторяющиеся процессы, с заданной тактовой частотой, что позволяет выполнять их захват и анализ на эквивалентной развертке. “Сердцем” каждого измерительного канала является широкополосный следящий запоминающий усилитель, который запоминает входной уровень аналогового сигнала в точку выборки с частотой дискретизации до 500 МГц. Входное сопротивление каналов ($50 \pm 1,5$) Ом. Максимальное допустимое входное напряжение ± 2 В, динамический диапазон ± 1 В.

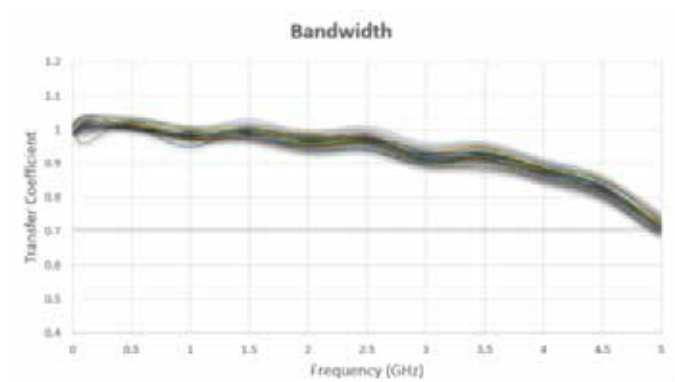


Рис. 4 Частотная характеристика 4-х каналов, полоса пропускания 5 ГГц (АКІП-4139/1)

Выбираемое пользователем аппаратное ограничение полосы пропускания снижает уровень вертикального шума. Широкая полоса пропускания повышает качество измерений, за исключением тех случаев, когда необходимо ограничить уровень вертикального шума, из за широкой полосы пропускания. При необходимости выполнения измерений с низким уровнем шума, необходимо аппаратно ограничивать полосу пропускания, так как дополнительная ширина полосы пропускания приводит к захвату высокочастотного шума, как части содержимого высокочастотного сигнала.

Все четыре модели осциллографов обеспечивают два режима пропускной способности. Их переходные характеристики показаны на рисунках с 5 по 8.

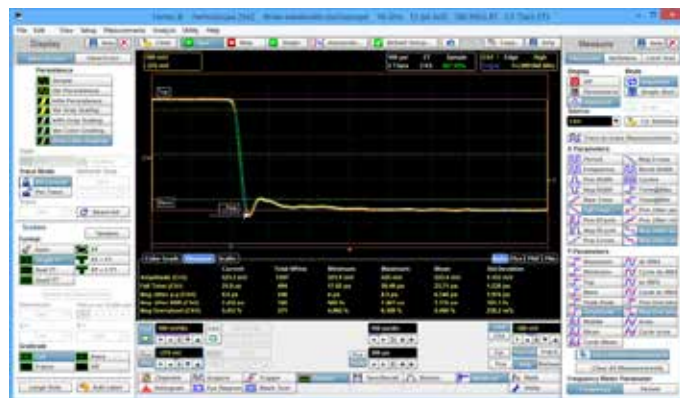


Рис. 5 Переходная характеристика на осциллографе АКІП-4138/2, сигнал с генератора Keysight N2806A. Общее измеренное время спада составляет 23,71 пс, джиттер (скз) составляет 1,256 пс, отрицательный выброс превышает 5,495%.



Рис. 6 Сравнение переходных характеристик на осциллографе АКІП-4133/4А сделанных для двух разных полос пропускания. Левая осциллограмма отклик показывает время нарастания 35 пс, полученное в режиме полной полосы пропускания (16 ГГц), а правая осциллограмма показывает время нарастания 721 пс, полученное в режиме узкой полосы частот 450 МГц. Время нарастания сигнала на входе 25 пс.



Рис. 7 Глазковая диаграмма 16 Гбит/с на осциллографе АКІП-4139/2

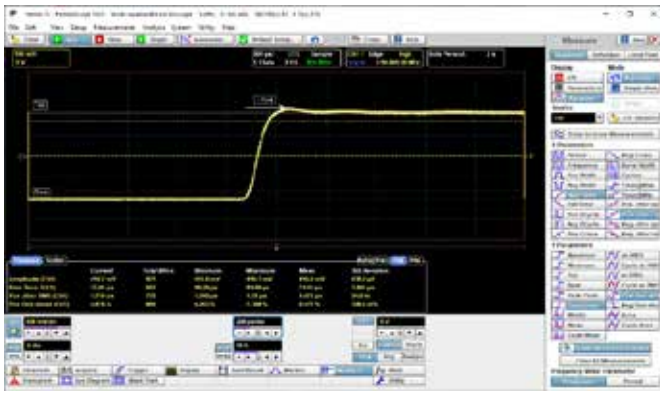


Рис. 8 Переходная характеристика в полосе пропускания 5 ГГц (АКИП-4137/1), измеренное время нарастания менее 75 пс, входной сигнал с генератора Tektronix 1251 PPG (время нарастания 25 пс)

В режиме полной полосы пропускания, уровень шума (скз) составляет менее 1,6 мВ (для полосы 5 ГГц) и 2,2 мВ (полосы 16 ГГц). при использовании ограничения полосы пропускания до 500 МГц, уровень шума снижается до 0,65 мВ. Это позволяет пользователю выполнять измерения с высокой чувствительностью. На рисунке 9, отображена глазковая диаграмма с частотой 800 Мбит/с, которая получена в режиме ограничения полосы пропускания, что обеспечивает лучшую переходную характеристику. Суженная полоса пропускания может так же использовать в качестве сглаживающего фильтра

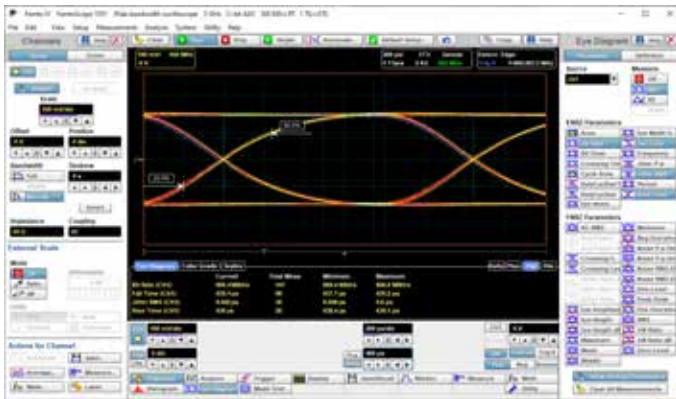


Рис. 9 Диаграмма “открытого” глаза (800 Мбит/с), полученная в режиме узкой полосы пропускания, хорошая переходная характеристика

Каналы вертикального отклонения и пробники

Обеспечивая разрешение по вертикали до 12 бит, осциллограф серий АКИП-4137, АКИП-4138 и АКИП-4139 позволяют регулировать разрешение по вертикали от 10 мВ/дел до 250 мВ/дел. Полная шкала по вертикали составляет 8 делений и может быть масштабирована, для увеличения чувствительности до 100 раз. Погрешность измерения напряжения постоянного тока составляет $\pm 1,5\%$, диапазон регулировки постоянного смещения ± 1 В, что обеспечивает широкий входной динамический диапазон от -1 В до +1 В.

На рисунке 10 приведен сигнал импульсной формы с амплитудой 1,9 В. При времени нарастания 10 нс выброс на вершине составляет менее 1%.

Осциллограф имеет входной импеданс 50 Ом, входные коннекторы SMA типа и обеспечивает максимальный входной уровень сигнала ± 2 В (DC + АСпик).

Для подключения, рекомендуется использовать низкоомные высокопроизводительные пассивные пробники из семейства PicoConnect 900 со сверхмалой емкостью, которые предназначены для подключения к линиям передачи со скоростью передачи данных до 18 Гбит / с (9 ГГц). В серии PicoConnect 900 доступны два вида пробников: для широкополосных сигналов до 5 ГГц (10 Гбит/с) и гигабитные пробники для потоков данных, таких как USB 2, HDMI 1, Ethernet, PCIe и SATA до 9 ГГц (18 Гбит/с).

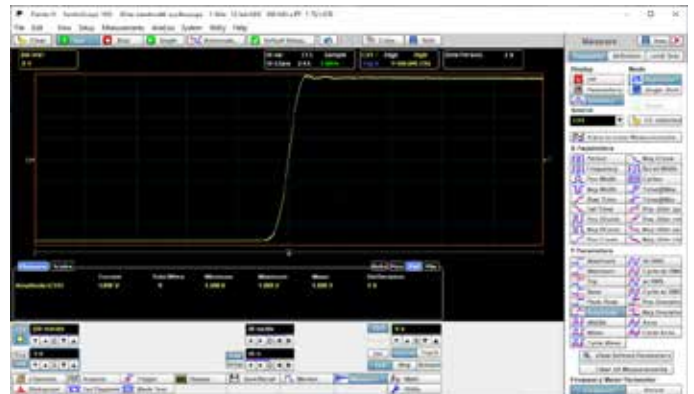


Рис. 10 Импульсный сигнал с временем нарастания менее 10 нс, амплитудой 1,9 В и выбросом на вершине менее $\pm 1\%$

Сбор данных и коэффициент развертки

Новые серии USB осциллографов могут работать в нескольких режимах сбора данных: режим дискретизации в реальном времени, режим эквивалентной дискретизации и режим регистратора (Roll).

Режим дискретизации реального времени обеспечивает достаточно высокую частоту дискретизации для захвата и отображения переходного, неповторяющегося сигнала в полосе пропускания до 200 МГц. Согласно теореме выборки Найквиста, для точного захвата и отображения сигнала, частота дискретизации осциллографа должна как минимум вдвое превышать ширину полосы сигнала.

Несколько режимов сбора данных позволяют пользователю выбрать, как осциллограф захват точек выборки для формирования сигнала. В режиме реальной и эквивалентной развертки доступны измерения минимальных и максимальных значений, усреднение сигнала по нескольким разверткам, построение огибающей. Режим Peak Detect (Пиковый Детектор) доступен только в режиме реального времени, позволяет захватывать максимальные и минимальные точки выборки в заданном интервале выборки для построения осциллограммы. В режиме высокого разрешения все выборки, захваченные в течение установленного интервала сбора данных, усредняются для создания точки выборки с более высоким разрешением, при этом происходит уменьшение полосы пропускания. Данный режим работает только при дискретизации в реальном времени. Диапазон установки коэффициента развертки играет важную роль при анализе различных сигналов. Режим захвата данных в реальном времени в USB осциллографах благодаря частоте дискретизации 500 МГц, позволяет устанавливать значение коэффициента развертки от 10 нс/дел до 1000 с/дел.

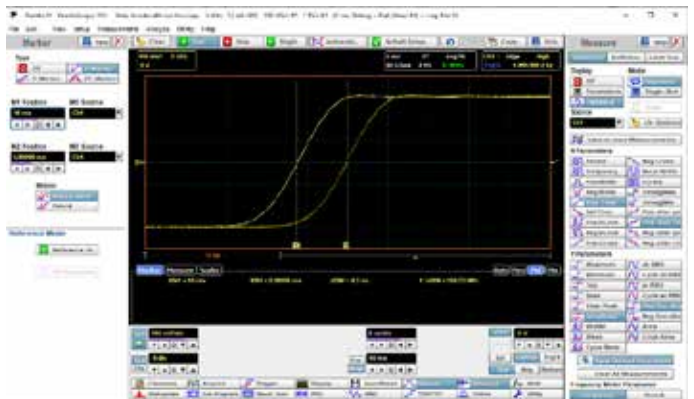


Рис. 11 Измерение погрешности временных интервалов осциллографом АКИП-4137/2. Временной сдвиг 5,75 нс при задержке 1 мс, что эквивалентно погрешности 5,75 ppm.

Для анализа сигналов на частоте придельной или выше Найквиста, осциллограф можно переключить в режим дискретизации эквивалентного времени. Этот режим используется с периодическими сигналами, дающими устойчивый запуск. В эквивалентном режиме можно достичь максимальной

эффективной частоты дискретизации 1 ТГц (для АКИП-4137/1, АКИП-4138/1 и АКИП-4139/1) и 5 ТГц (для АКИП-4137/2, АКИП-4138/2 и АКИП-4139/2). Выборки данных, регистрируются таким образом, что отстоят друг от друга на минимальное расстояние. Процесс регистрации выборок и определение временного интервала является случайным. Относительный интервал между моментами выборки АЦП и запускающим событием дает необходимую вариацию, измеряемую разверткой с разрешающей способностью 1 пс (для АКИП-4137/1, АКИП-4138/1 и АКИП-4139/1) и 0,2 пс (для АКИП-4137/2, АКИП-4138/2 и АКИП-4139/2). Эквивалентная дискретизация это оптимальный выбор для повторяющихся сигналов или для шаблона данных, когда необходимо построить глазковые диаграммы.

Растяжка

Благодаря большому объему памяти растяжка (масштабирование сигнала) позволяет одновременно просматривать и сравнивать до четырех увеличенных по вертикали и горизонтали участков сигнала. При этом можно перемещать любую из увеличенных зон как по вертикали, так и по горизонтали (рис. 12). Максимальный вертикальный масштаб составляет $\times 100$, а максимальный горизонтальный - $\times 2048$.

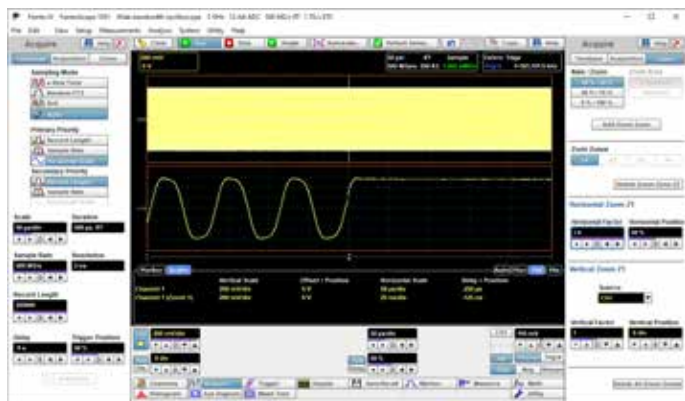


Рис. 12 Шаблон данных со скоростью 50 Мбит/с захваченный при частоте дискретизации 500 МГц, коэффициент развертки 50 мкс/дел и глубина памяти 250 КБ (вверху). Благодаря горизонтальному масштабированию в 2000 раз есть возможность детального анализа осциллограммы с временной разверткой 25 нс/дел (внизу)

Синхронизация

Так как USB осциллографы представляют собой комбинированный прибор, который может работать как в режиме реального времени, так и в режиме эквивалентной дискретизации, то существуют свои особенности в работе синхронизации.

Для полноценного функционирования схемы синхронизации осциллографа, для данной серии были разработаны быстрые логические микросхемы (IC), которые работают с тактовой частотой 10 ГГц и обеспечивают скорость нарастания по уровню порядка 4 В/нс.

Благодаря использованию данных IC микросхем осциллограф обеспечивает стабильную синхронизацию как от внутренних источников (любой аналоговый канал) и так и от внешних, без делителя, в полосе до 3 ГГц. Входные высокоскоростные компараторы позволяют регулировать уровень запуска и обладают низким гистерезисом, обеспечивая чувствительность запуска в 70 мВ. Синхронизацию можно выполнять по любому фронту сигнала, а так же одновременно по двум фронтам (фронт и срез) для построения глазковых диаграмм.

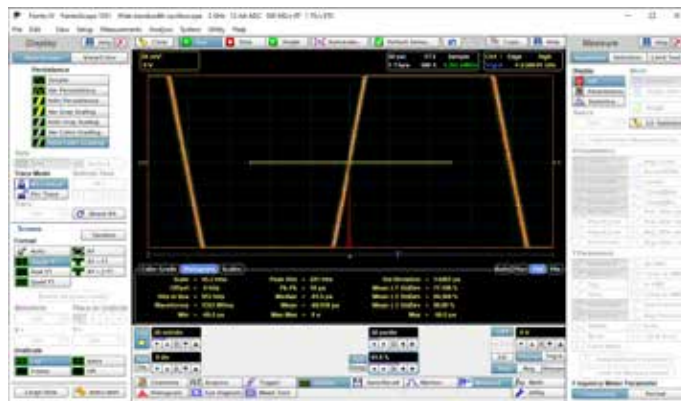


Рис. 13 Пример стабильной синхронизации АКИП-4137/1 сигнала синусоидальной формы частотой 2,5 ГГц со среднеквадратичным джиттером 1,62 пс с использованием внутреннего источника запуска

Для расширения диапазона частот синхронизации до 6 ГГц в осциллографах режим делителя частоты. Этот режим особенно актуален для измерений в таких популярных диапазонах частот, как 3,25 ГГц и 5 ГГц.

Модели АКИП-4138/2 и АКИП-4139/2 обеспечивают синхронизацию в полосе частот до 16 ГГц, при использовании режима синхронизации с внешним с делителем частоты (Ext. Prescaled). Делитель имеет программируемый коэффициент деления /8, а также минимальный аддитивный фазовый шум, который помогает достичь низкого уровня джиттера схемы синхронизации (рис. 14).

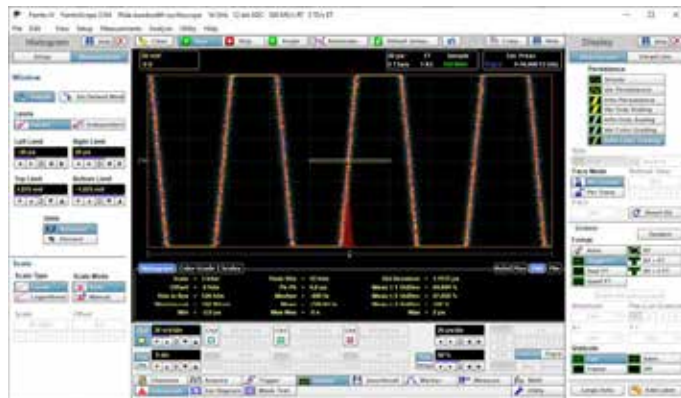


Рис. 14 Синхронизация сигнала синусоидальной формы частотой 16 ГГц осциллографом АКИП-4139/2, джиттер синхронизации 1,11 пс

Отличительной особенностью всех моделей USB осциллографов является их способность синхронизировать по ультракоротким импульсам. Это важно как при захвате импульсных сигналов, так и при анализе быстрых шаблонов данных.

На рисунке 15 показано, как АКИП-4137/2 синхронизируется по короткому импульсу длительностью менее 81 пс. Такие импульсы являются самыми короткими в структуре данных со скоростью 12,5 Гбит/с.

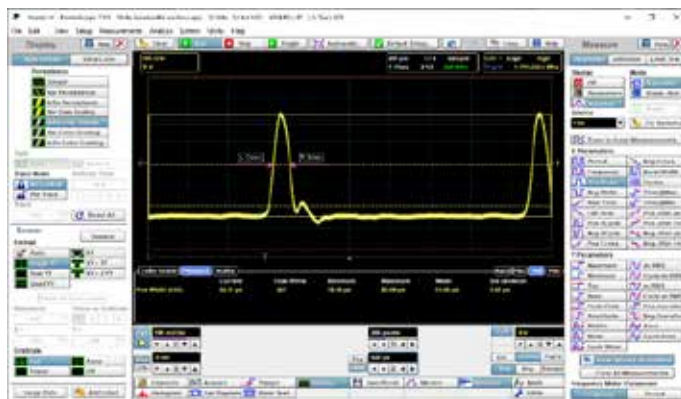


Рис. 15 Синхронизация сигнала импульсной формы осциллографом АКИП-4137/2. Параметры сигнала: длительность импульса 81 пс, уровень 400 мВ, частота следования 781 МГц

Восстановление тактовой частоты

Осциллографы серий АКИП-4138 и АКИП-4139 обеспечивают синхронизацию сигнала с восстановлением тактовой частоты. Этот режим синхронизации необходим, когда нужно отобразить глазковую диаграмму на основе тактового сигнала, восстановленного из шаблона входных данных. АКИП-4138/1 и АКИП-4139/1 позволяет восстанавливать тактовую частоту до 5 Гбит/с, а АКИП-4138/2 и АКИП-4139/2 до 11,3 Гбит/с, тем самым обеспечивая перекрытие наиболее популярных тактовых частот стандартов передачи данных и телекоммуникаций.

На рисунке 16 показана глазковая диаграмма шаблона данных 8 Гбит/с, полученного с помощью синхронизации с восстановлением тактовой частоты.

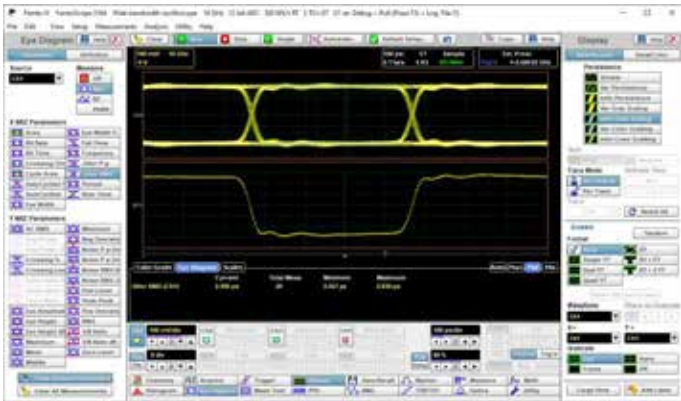


Рис. 16 Захвата сигнала с тактовой частотой 2,5 ГГц и отображение глазковой диаграммы осциллографом АКИП-4139/1 при использовании синхронизации с восстановлением тактовой частоты

Параметры отображения

Параметры отображения включают в себя такие функции, как послесвечение, «градации серого» и «цветовой градиент», различные форматы отображения и параметры сетки, а также настройку цвета.

В режиме послесвечения осциллограф обновляет отображение вновь собранных сигналов в интервале от 0,1 до 20 с. В режиме «градации серого» (рис. 17) осциллограф использует пять различных степеней интенсивности одного и того же цвета.

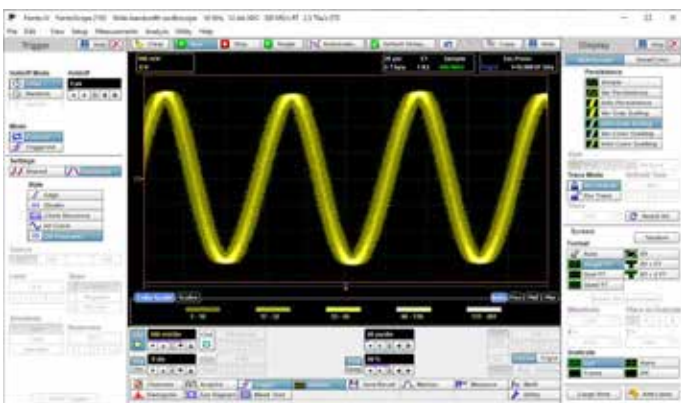


Рис. 17 Сигнал синусоидальной формы, частотой 16 ГГц в режиме «градации серого»

Разная интенсивность цвета зависит от количества накопленных выборок (частоты повторения события). Интенсивность накапливается между их возможными минимальным и максимальным значениями. Максимальные значения выборок автоматически получают самую высокую яркость, а минимальные значения выборок - самую низкую. Время обновления можно выбрать от 1 до 200 с.

В формате «цветового градиента» (рис. 18) отображение формируется накопленными точками разных цветов. Цвет указывает на плотность точек выборок на осциллограмме. Формат «цветовой градиент» полезен при работе с гистограммами, глазковыми диаграммами, масками, то есть в том случае, когда необходимы статистические измерения. Он также используется, когда необходимо получить как можно больше визуальной информации о сигнале. Время обновления здесь также можно выбрать от 1 до 200 с.

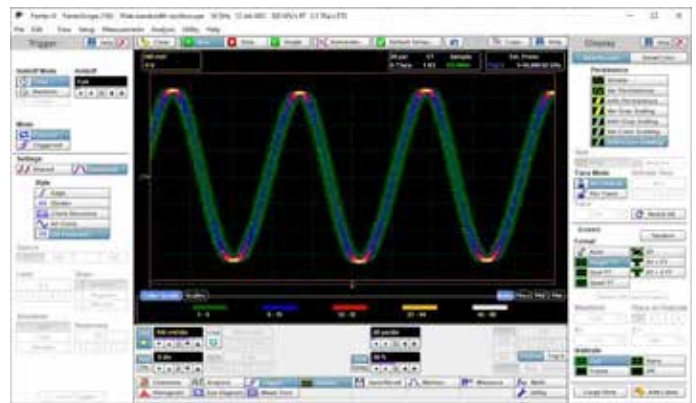


Рис. 18 Сигнал синусоидальной формы, частотой 16 ГГц в режиме «цветовой градиент»

Функция отображения определяет, сколько независимых координатных сеток можно использовать при отображении информации: одна, когда вся информация отображается на одной комбинированной сетке, две, когда вся информация отображается на двух идентичных сетках, или четыре, когда вся информация отображается на четырех идентичных сетках. Причем любой из сигналов можно перенести на любой из экранов (рис. 19).

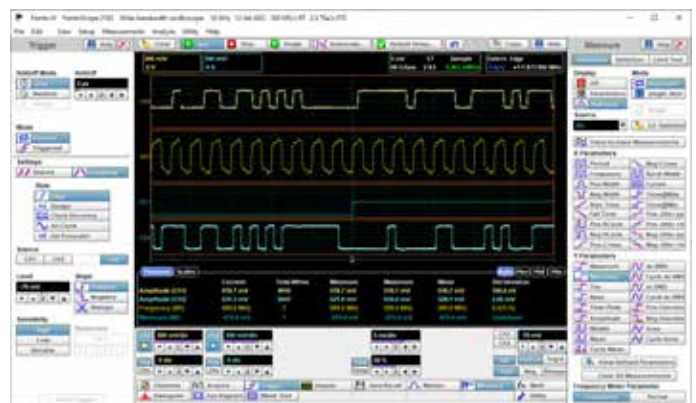


Рис. 19 Режим отображения с четырьмя координатными сетками

Для фазовых измерений используется формат отображения XY. В формате XY, по горизонтальной оси отображается уровень напряжения одного источника сигнала, а по вертикальной оси отображается уровень напряжения другого источника сигнала. Так же имеется возможность выбора одновременного отображения в форматах XY и YT на одном экране. В данном случае, формат YT расположен вверху экрана, а формат XY - внизу.

Формат XY используется для сравнения частот и / или разностей фаз между двумя сигналами, а также для отображения взаимной зависимости двух величин, например, тока от напряжения или напряжения от частоты.

Маркеры

Маркеры представляют собой вертикальные или горизонтальные линии, перемещаемые по экрану, а также пересечение этих линий с сигналами. Поскольку маркер можно установить в любой точке экрана, то он позволяет производить индивидуальные измерения параметров осциллограммы.

Координаты маркера отображаются на основе вертикальной и горизонтальной шкалы. Маркерные измерения являются более точными, чем визуальные измерения по координатной сетке. Два Y-маркера измеряют абсолютное значение по вертикали (напряжение) и разность значений. Два X-маркера измеряют абсолютное значение по горизонтали (время), разницу значений, а также ее эквивалентную частоту.

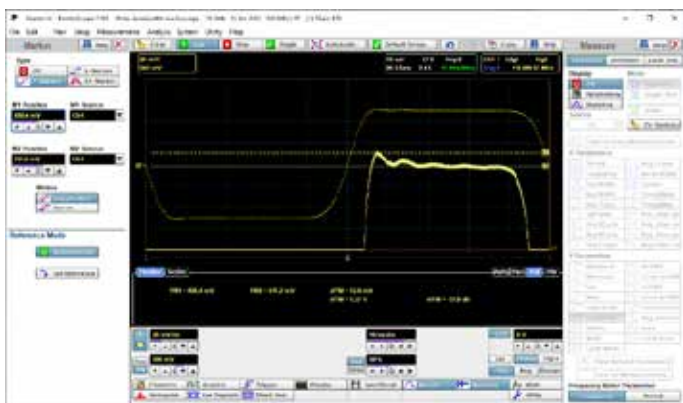


Рис. 20 Измерение выброса на вершине импульса амплитудой 1 В с помощью Y-маркеров (1,27% пиковой амплитуды)

Независимо от того, измеряете ли вы напряжение, время или частоту, набор маркеров X и Y поддерживает точное измерение, определяемое пользователем. Наилучшее разрешение при маркерных измерениях следующее: напряжение - 80 мкВ, время - 0,1 пс.

В зависимости от режима отображения маркеры позволяют измерять фазу в градусах и процентах, а также соотношение в децибелах.

Автоматические измерения

USB осциллографы обеспечивают широкий спектр автоматических измерений. Поддерживается более 50 типов автоматических измерений параметров осциллограммы. Они разделены на четыре категории: амплитудные, временные, межканальные и спектральные измерения. Каждое измерение может быть выполнено для сигналов в реальном времени, сохраненных сигналов или математических функций.

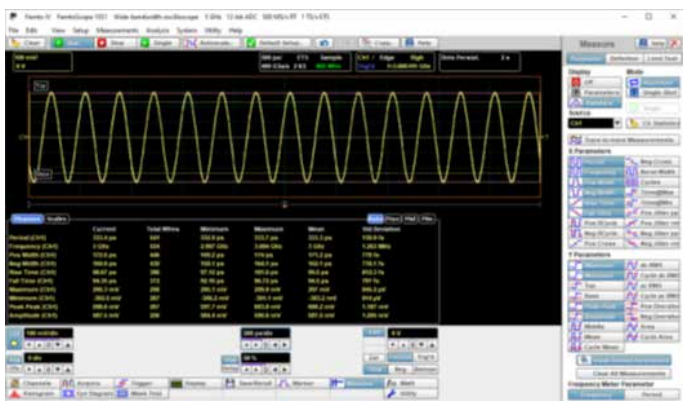


Рис. 21 На экране одновременно может отображаться до десяти отдельных измерений

До 10 измерений с постоянно обновляемыми статистическими данными могут отображаться на экране (рис. 22). При статистических измерениях осциллограф измеряет минимальное, максимальное, среднее и текущее значения, а также стандартное отклонение.

Measurement	Current	Total	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Period (CH1)	333.4 ps	541	333.9 ps	332.7 ps	333.2 ps	1.263 fs
Frequency (CH1)	3.001 GHz	524	2.997 GHz	3.004 GHz	3 GHz	1.263 MHz
Peak Width (CH1)	172.6 ps	486	169.2 ps	174 ps	171.2 ps	779 fs
Avg Width (CH1)	160.8 ps	430	158.1 ps	164.1 ps	162.1 ps	778.1 fs
Rise Time (CH1)	68.07 ps	388	67.12 ps	69.1 ps	68.5 ps	814.3 fs
Fall Time (CH1)	68.30 ps	372	67.16 ps	69.72 ps	68.5 ps	797 fs
Maximum (CH1)	296.1 mV	299	294.1 mV	298.1 mV	297 mV	861.2 µV
Minimum (CH1)	-302.5 mV	337	-305.2 mV	-299.5 mV	-302.2 mV	314 µV
Peak Peak (CH1)	598.6 mV	257	597.7 mV	601.8 mV	600.2 mV	1.187 mV
Amplitude (CH1)	597.3 mV	256	594.4 mV	598.6 mV	597.5 mV	1.295 mV

Рис. 22 Пример вкладки с результатами десяти измерений с полной статистикой

Измерения амплитуды включают 17 параметров, таких как максимум, минимум, верхнее значение, основание, пик-пик, амплитуда, середина, среднее значение, среднее значение цикла, среднеквадратичное значение и т. д.

Измерение временных параметров включают 18 видов, таких как период, частота, длительность положительного или отрицательного импульса, время нарастания или спада, скважность и т. д. Межканальные измерения - это измерения двух сигналов. К ним

относятся задержка, фаза и усиление.

Спектральные измерения выполняются с помощью БПФ и включают величину и дельта-амплитуду БПФ, общее гармоническое искажение, частоту БПФ и дельта-частоту.

Все алгоритмы измерения основаны на нескольких вспомогательных параметрах, таких как верхний и базовый вертикальные уровни, пороговые значения.

Пороговые значения используются при измерении времени нарастания и спада или длительности импульса, они могут быть установлены в процентах от амплитуды, единицах вертикальной шкалы или в делениях. Стандартные пороговые значения: 10% -50% -90% и 20% -50% -80%. Измерения могут быть ограничены зоной, определяемой произвольными горизонтальными маркерами, внутри которых выполняются измерения.

Гистограмма

Гистограмма - это статистическое представление сигнала или результатов его измерения. USB осциллографы используют два типа гистограмм - вертикальную и горизонтальную. Вы можете включить гистограмму для сигналов в реальном времени, сохраненных сигналов или математических функций. Отображение уровня цвета обычно используется с гистограммой на осциллограмме для добавления статистического представления.

Вертикальная гистограмма - это вероятностное распределение данных, собранных о сигнале, вдоль вертикальной оси в пределах заданного окна гистограммы. Информация, собранная такой гистограммой, используется при статистическом анализе источника сигнала. Вертикальная гистограмма - наиболее приемлемый способ измерения шумовых характеристик сигналов (рис. 23).

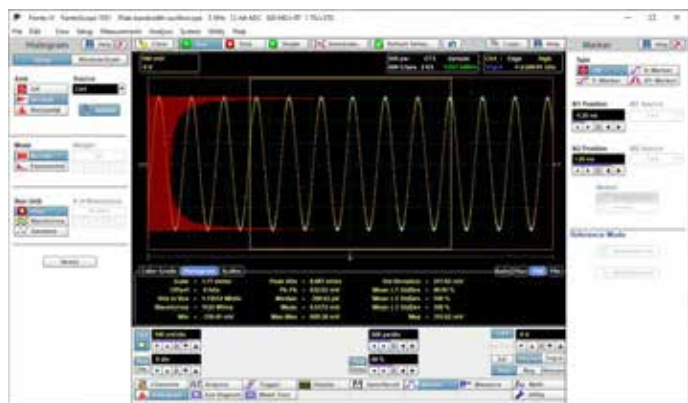


Рис. 23 Вертикальная гистограмма сигнала синусоидальной формы частотой 2,5 ГГц, измерение амплитуды 609,38 мВ (значение - Макс-Макс)

Горизонтальная гистограмма чаще всего используется для измерения и характеристики временного джиттера отображаемых сигналов (рис. 24).

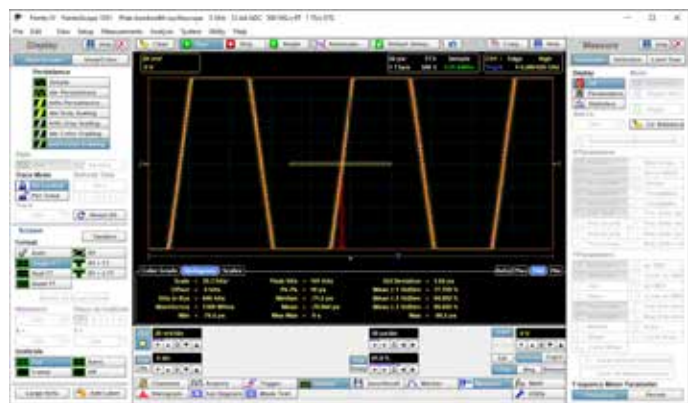


Рис. 24 Горизонтальная гистограмма, измерение среднеквадратичного джиттера 1,64 пс сигнала синусоидальной формы частотой 5 ГГц (значение - стандартное отклонение)

Глазковая Диаграмма

Глазковая диаграмма - это эффективный графический метод оценки качества цифрового сигнала. Результаты его измерений представляют собой интегральные характеристики, которые описывают качество канала данных и его способность воспроизводить формы сигналов в неискаженной форме. Глазковая диаграмма помогает визуализировать целостность сигнала.

Для получения третьей гармоники потока данных это соотношение составляет 1,8, а для пятой гармоники уже 3.

Осциллографы с полосой пропускания 16 ГГц позволяют получить до третьей гармоники цифрового сигнала со скоростью 8,8 Гбит/с и до пятой гармоники сигнала со скоростью 5,3 Гбит/с.

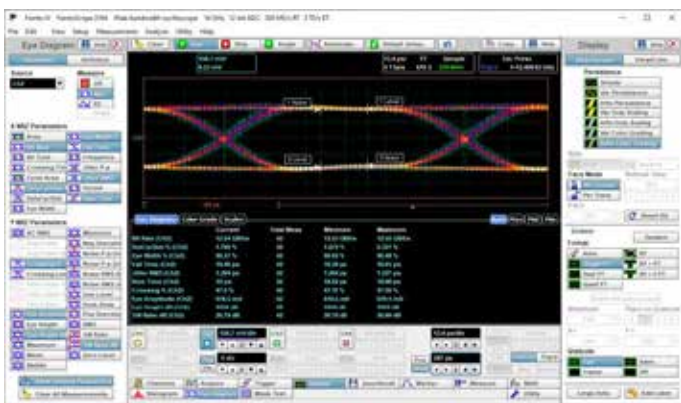


Рис. 25 Регистрация и измерения параметров глазковой диаграммы NRZ 12,5 Гбит/с осциллографом АК ИП-4139/2

Как правило, глазковые диаграммы представляют собой многоуровневые сигналы. USB осциллографы измеряют двухуровневые глазковые диаграммы, такие как NRZ («без возвращения к нулю») или RZ («с возвращением к нулю»).

Глазковую диаграмму высокого качества на экране можно получить двумя способами.

Первый метод доступен, когда на вход канала подается шаблон данных измерения, и он также выбирается в качестве источника синхронизации. В качестве режима синхронизации необходимо выбрать «Clock recovery» (восстановление тактовой частоты).

При использовании этого метода диапазон скорости передачи данных достигает 11,3 Гбит/с для АК ИП-4138/2, АК ИП-4139/2 и 5 Гбит/с для АК ИП-4138/1, АК ИП-4139/1.

Второй способ заключается в том, что шаблон данных измерения подается на вход канала, а тактовый сигнал, используемый в качестве источника запуска, подается на другой канал или на вход любого внешнего входа синхронизации.

В этом случае, можно достичь скорости передачи данных до 16 Гбит/с для АК ИП-4138/2, АК ИП-4139/2 и 6 Гбит/с для остальных моделей серий.

Чтобы сделать правильные измерения, глазковая диаграмма автоматически масштабируется так, что ее размер по вертикали составляет четыре деления, а размер по горизонтали - шесть делений (рис. 26).

Если после автомасштабирования глаз полностью открыт и принимает форму, близкую к прямоугольной - канал передачи сигнала идеален. Когда уровень шума и джиттера увеличивается, время нарастания и спада становится больше, другие виды искажений становятся более заметными, «глаз» закрывается. При полностью закрытом глазу различие фрагментов шаблона становится затруднительным.

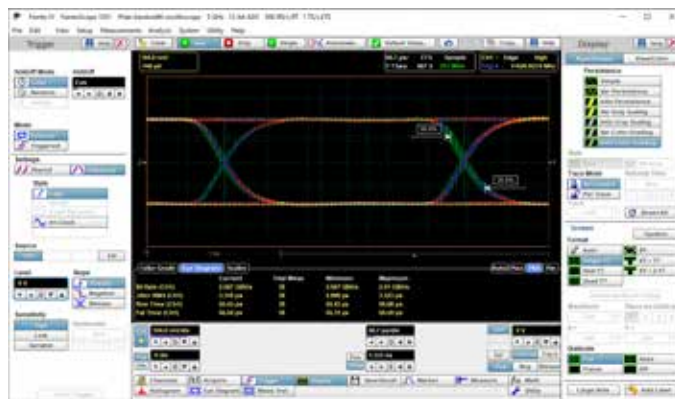


Рис. 26 Раскрытая глазковая диаграмма 2,5 Гбит/с, полученная с помощью АК ИП-4137/1

Измерения глазковой диаграммы включают такие параметры, как высота глаза, ширина глаза, среднее квадратичное значение джиттера, процент пересечения, коэффициент добротности и искажение скважности. Всего в осциллографах имеется возможность измерять 27 вертикальных и 15 горизонтальных параметров глазковой диаграммы NRZ, десять из них могут быть измерены одновременно.

Для глазковой диаграммы RZ доступно измерение 26 вертикальных и 17 горизонтальных параметров.

Тест по маске

Тест по маске используется, когда необходимо контролировать форму измеряемого сигнала и может использоваться для анализа глазковых диаграмм и поиска аномалий в сигнале.

Тест по маске широко применяется на производстве, при контроле качества, а также при проверке на соответствие требованиям стандартов. Данный тест будет полезен, когда необходимо проверить стабильность электронных компонентов и систем.

Тест по маске работает как допусковый контроль - результат теста может быть Годен или Не Годен.

Маска представляет собой несколько геометрических полигонов, которые обозначают допустимые области экрана, на которые не должна попадать форма тестового сигнала. В программном обеспечении используются три типа масок - по стандарту, автоматическая и произвольная.

Форма стандартных масок зависит от типа стандарта и скорости его передачи. Осциллографы позволяют анализировать сигналы по маскам следующих международных стандартов - SONET / SDH, Ethernet, RapidIO, G.984.2, Fibre Channel, ITU G.703, PCI Express, ANSI T1.102, InfiniBand, Serial ATA и XAUI. Форма стандартных масок обычно четырехугольная или шестиугольная. Есть варианты редактирования масок по стандарту (рис. 27).

В зависимости от полосы пропускания USB осциллографы поддерживают до 161 типа стандартов масок.

Принцип теста маски состоит в том, чтобы определить, попадает ли форма сигнала в границы маску, либо их нарушает. Такое попадание или не попадание обнаруживает превышение заданных пределов. При нарушении границ маски часть осциллограммы меняет на красный цвет сигнализируя об ошибке в форме сигнала.

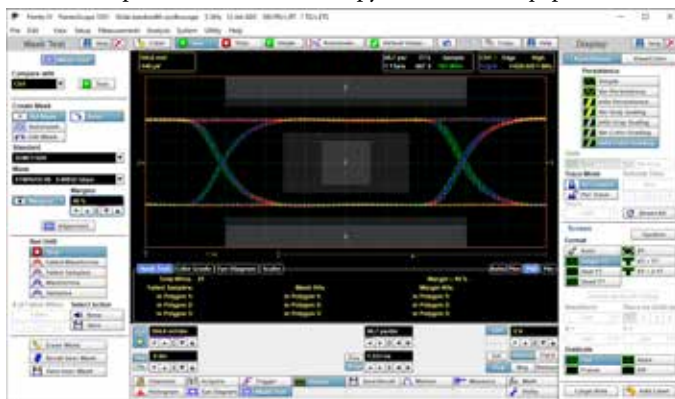


Рис. 27 Тест по маске осциллографом АК ИП-4137/1 - стандарт SONET/SDH со скоростью 2,5 Гбит/с

Второй тип, часто используемой маски это автоматическая маска. Автоматическая маска создается в соответствии с формой тестируемого сигнала путем добавления к ней определенных предустановленных допусков по вертикали и горизонтали.

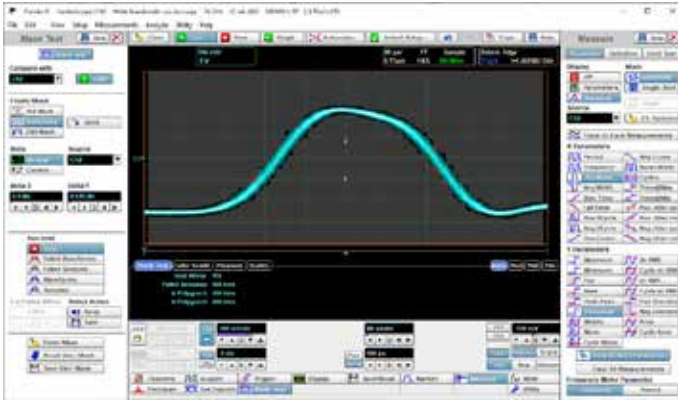


Рис. 28 Пример автоматической маски созданной для сигнала импульсной формы длительностью 80 пс

На рисунке 28 показан пример автоматической маски, построенной для короткого импульса длительностью 80 пс. Маска состоит из двух полигонов, которые плавно повторяют форму осциллограммы с обеих сторон. Полученные точки на импульсе, выходящие за пределы допусков, отмечены красным. В данном примере, предел горизонтальных значений допуска составляет ± 5 пс.

Последний тип маски - это маска произвольного типа. Данный вид маски полностью создается пользователем по произвольной форме. Максимальное число полигонов шаблонов может достигать восьми, а их форму можно свободно редактировать и сохранять.

Математические функции

На основе данных о захваченной осциллограмме программное обеспечение позволяет одновременно вычислять до четырех математических функций. Любая математическая функция может быть выбрана в качестве оператора для одного или двух операндов (источников). Например, инверсия - это функция с одним операндом, а сложение - с двумя операндами. В качестве операнда можно выбрать текущие формы сигналов, сохраненные формы сигналов или другие математические функции.

В USB осциллографах используются несколько категорий математических функций. Это арифметические (12 функций), алгебраические (14 функций), тригонометрические (12 функций), спектральные (6 функций), логические (7 функций) и т. д. Также возможно использование редактора формул.

К арифметическим функциям относятся такие функции, как сложение, вычитание, умножение, деление, абсолютное значение, инверсия, полусумма, масштабирование и т. д. (Рис. 29).



Рис. 29 Пример арифметических функций (сверху вниз): а) канал 1, б) канал 2, в) сумма, канал 1 + канал 2, г) умножение канал 1 x канал 2

Алгебраические функции включают такие функции, как показатель степени по основанию e , 10 или по произвольному основанию, логарифм, дифференцирование, интегрирование, квадрат, куб, квадратный корень и т. д. (Рис. 30).

Тригонометрические функции включают такие функции, как синус, косинус, тангенс, котангенс, арксинус, арккосинус, арктангенс, арктангенс, гиперболический тангенс и гиперболический котангенс.



Рис. 30 Пример алгебраических функций (сверху вниз): а) канал 1 (цифровые данные), б) канал 2 (синхросигнал), в) интеграл канала 1, г) дифференциал канала 1

БПФ включает в себя уровень и фазу БПФ, действительную и мнимую части, а также обратное БПФ (рис. 31).

Чтобы компенсировать внутренние ограничения БПФ, пользователь может использовать различные окна БПФ. Тип окна определяет полосу пропускания и наклон соответствующего математического фильтра. Осциллограф поддерживает шесть типов окон БПФ. Прямоугольное окно БПФ не изменяет данные сигнала, полученные во временной области. Другие пять окон БПФ имеют другие характеристики фильтра во временной области. Это окно Хэмминга, окно Ханнинга, плоское окно, окно Блэкмана-Харриса и окно Кайзера-Бесселя.

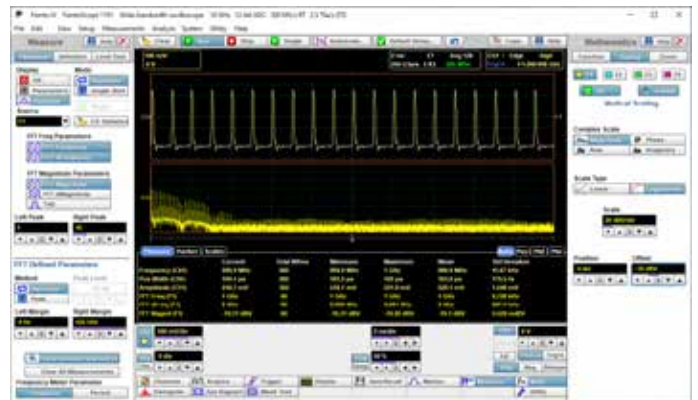


Рис. 31 Быстрое преобразование Фурье осциллографом АКИП-4137/2 сигнала с частотой 1 ГГц и шириной импульса 100 пс. Первая измеренная гармоника БПФ составляет 1 ГГц при уровне -19,21 дБВ

К логическим функциям относятся такие функции, как И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, исключающее ИЛИ, исключающее ИЛИ-НЕ, а также НЕ.

При дискретизации в реальном времени, когда соотношение между частотой дискретизации и входной частотой может значительно уменьшиться, возникают искажения наложения спектров. Чтобы избежать таких искажений, в осциллографах предусмотрены функции линейной интерполяции или интерполяции $\text{Sin}(x)/x$. Функция интерполяции $\text{Sin}(x)/x$ эффективно восстанавливает форму входного сигнала.

В USB осциллографах имеется возможность использования функции тренда как математической функции, которая показывает характер изменения параметра сигнала во времени. По вертикальной оси отображается значение выбранного параметра, а по горизонтальной оси отображается период сигнала, для которого этот параметр был рассчитан.



Рис. 32 Тренд периода, измерение нелинейности временной развертки осциллографа с сигналом синусоидальной формы с частотой 10 ГГц (период 100 пс). Максимальный тренд периода = 102,3 пс. Минимальный тренд периода = 98,98 пс

Частотомер

Встроенный частотомер показывает частоту (или период) сигнала в любое время, независимо от настроек измерения и временной развертки, с разрешением 7 разрядов. Для моделей АК ИП-4138/2 и АК ИП-4139/2 максимальная частота составляет 16 ГГц, для остальных моделей 6 ГГц.



Рис. 33 Результаты измерений частотомера

Подключение к ПК

Встроенные USB интерфейсы упрощают подключение к ПК для всех моделей осциллографов серий АК ИП-4137, АК ИП-4138 и АК ИП-4139. Осциллографы серии АК ИП-4139 для подключения к ПК так же имеют интерфейс LAN. Для обеспечения надежного подключения вам понадобится USB-кабель и внешний адаптер питания AC/DC (через USB-соединение питание не используется). USB кабель и адаптер питания входят в стандартный комплект поставки.

Программное обеспечение Femto 4 имеет удобный пользовательский интерфейс, который позволяет легко контролировать, визуализировать, измерять и анализировать формы сигналов, полученные с помощью USB осциллографов.

Портативность

Модели осциллографов АК ИП-4137/1 и АК ИП-4137/2 с USB-интерфейсом весят не более 370 г и имеют очень скромные габаритные размеры. Поэтому их можно легко взять с собой куда угодно. Вы можете просто положить его в карман куртки или в небольшой портфель.

Серии USB-осциллографов АК ИП-4138 и АК ИП-4139 имеют не много большие габариты, но при этом обеспечивают производительность и набор функций, на уровне настольных лабораторных осциллографов. Полоса пропускания 16 ГГц, среднеквадратичный джиттер менее 2 пс, поддержка синхронизации с восстановлением таковой частоты и все это в портативном корпусе массой не более 790 г или 1,25 кг соответственно.

Комплект поставки

В комплект поставки USB осциллографов серий АК ИП-4137, АК ИП-4138 и АК ИП-4139 входят следующие элементы:

- Широкополосный USB-осциллограф USB (указывается конкретная модель).
- Программное обеспечение Femto 4 (поставляется на USB-накопителе).
- Краткое руководство (поставляется на USB-накопителе)
- Источник питания 12 В постоянного тока.
- Прецизионный кабель SMA-SMA 80 см, 2 шт.
- USB-кабель 1,8 м.
- Кабель LAN 1 м (только серия АК ИП-4139)
- Ключ SMA / PC3,5 / 2,92.