

# ОСЦИЛЛОГРАФЫ InfiniiVision 3000T КОМПАНИИ KEYSIGHT – ПРИКОСНИСЬ, ПРОНИКНИ В СУТЬ, НАЙДИ РЕШЕНИЕ

А.Бегишев alexei\_begishev@keysight.com

В начале 2015 года компания Keysight Technologies представила новую линейку осциллографов – InfiniiVision 3000T. Они предоставляют инженерам удобные и эффективные средства поиска, выявления и решения самых сложных проблем в проектируемых устройствах. Компания Keysight сопровождает эти приборы слоганом "Прикоснись, проникни в суть, найди решение (Touch, Discover, Solve)". О наиболее интересных и важных возможностях новых приборов рассказывается в статье.

## ОСЦИЛЛОГРАФЫ KEYSIGHT

Исторически компания Keysight (тогда еще Hewlett-Packard, а позднее Agilent) в области осциллографов концентрировалась на рынке топовых моделей, отличающихся наиболее широкими частотными полосами, максимальной чувствительностью и прецизионностью. Это приборы семейства Infiniium (рис.1). Ситуация изменилась несколько лет назад, когда была представлена линейка осциллографов общего назначения InfiniiVision (см. рис.1), в которую изначально входили приборы серий 2000 и 3000.

Рынок подтвердил правильность этого решения. Сегодня приборы серий 2000, 3000 относятся к наиболее популярным с точки зрения частоты продаж. Каждые пять минут в мире продается осциллограф Keysight серии 2000 или 3000. Постепенно линейка бюджетных осциллографов Keysight расширялась, и сегодня она представлена наиболее экономичными моделями 1000, экономичными устройствами 2000 X-серии, более совершенными переносными приборами 3000 и 4000 X-серий, а также лабораторными приборами 6000 X-серии. Причем именно осциллографы 3000 и 4000 X-серий можно считать наиболее универсальными, то есть приборами общего назначения.

Основное отличие линеек осциллографов Infiniium и InfiniiVision – в области применения. Первые предназначены для различных исследовательских задач. Ими пользуются специалисты, которые заняты созданием новых продуктов, изучением новых эффектов. У них много времени, и они в большинстве случаев знают, что ищут. Таким специалистам осциллограф нужен для визуализации исследуемых процессов, определенных нерегулярностей сигналов и т.д.

Осциллографы общего назначения, как и семейства InfiniiVision в целом, предназначены в основном для инженеров, занятых разработкой, настройкой и отладкой радиоэлектронной аппаратуры. Здесь акцент делается на поиск неисправностей, на обнаружение проблем, их локализацию и устранение. Эта специфика накладывает определенные требования на свойства осциллографов. Поэтому, несмотря на то, что приборы Keysight общего назначения очевидно дешевле осциллографов семейства Infiniium, по ряду технических параметров они существенно превосходят более дорогие модели, например – по скорости обновления экрана. Иными словами, компания не считает осциллографы общего назначения неким упрощением, более дешевой версией своих топовых моделей – это просто другие приборы, предназначенные для других задач.



Рис.1. Модельный ряд осциллографов компании Keysight

Правильность данного подхода подтверждает рынок. Если объем продаж всех осциллографов в 2014 году составлял порядка 1,2 млрд. долл., то на осциллографы общего назначения (к которым в линейке Keysight относятся приборы 3000 и 4000 X-серий) приходилось примерно 30% рынка (рис.2). Но если весь рынок осциллографов за последние 12 лет рос со скоростью примерно 4,5% в год, то продажи осциллографов Keysight ежегодно увеличивались на 11%, то есть значительно быстрее, чем рынок (рис.3). Иными словами, с 2002 года объем продаж осциллографов Keysight практически учетверился. И во многом это связано с резким увеличением присутствия на рынке приборов общего назначения.

Сегодня компания Keysight выступает лидером в рыночном сегменте осциллографов общего назначения. Причем лидерство нужно оценивать не просто по номинальному объему рыночной доли, но и с позиций того, кто действительно развивает этот рынок, кто является автором нововведений, которые через какое-то время начинают повторять конкуренты. В последние годы именно Keysight выступает драйвером этого сегмента рынка, предлагая и технические параметры, и функции, которые поначалу отвергаются – "зачем это нужно?", – но постепенно становятся стандартными.

Развивая направление осциллографов общего назначения, в 2015 году компания представила несколько новинок, одна из которых – новый класс осциллографов 3000T. Рассмотрим подробнее особенности приборов этого класса.



Рис.2. Рынок осциллографов

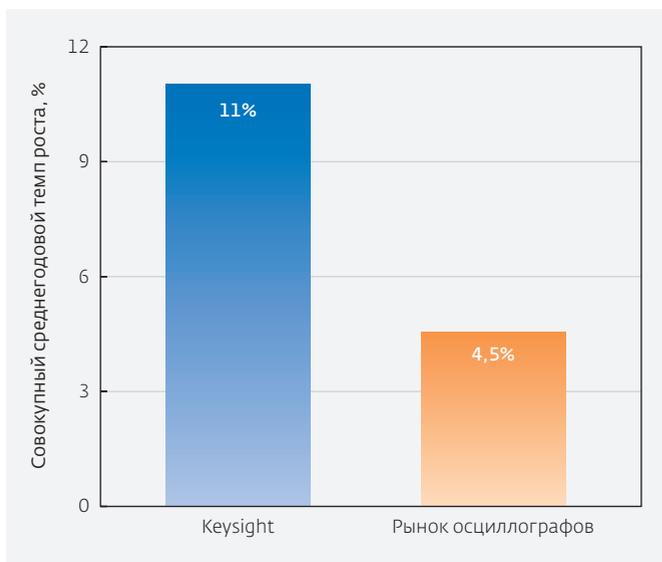


Рис.3. Динамика роста продаж осциллографов в 2002–2013 годах (источник: Prime Data)

### ОСЦИЛЛОГРАФЫ InfiniiVision 3000T

Осциллограф InfiniiVision 3000T серии X (рис.4) открывает новую главу в истории развития осциллографов, вновь оставляя конкурентов позади. Этот прибор отражает все новые тенденции рынка. Пользователям нужен осциллограф для решения широкого спектра задач. При этом им необходим инструмент для визуализации сигналов, для выделения и более детального изучения их отдельных фрагментов. На практике инженеры при поиске неисправностей работают



Рис.4. Осциллограф семейства InfiniiVision 3000T

с тремя основными типами неоднородностей сигналов, приводящих к ошибкам: нерегулярные импульсные помехи, искажения фронтов и метастабильность сигналов по амплитуде. Инженеры должны увидеть и идентифицировать проблему, выделить и проанализировать проблемный участок сигнала. Затем, собрав и изучив факты, можно найти причину неисправности и устранить ее.

Современный осциллограф должен предоставить пользователю все возможности для решения этих задач. Так, сенсорный экран уже является частью большинства современных гаджетов и приборов. Форма сигналов становится все сложнее, как и задачи по запуску

Таблица 1. Линейка осциллографов InfiniiVision 3000T серии X

		3012T	3014T	3022T	3024T	3032T	3034T	3052T	3054T	3102T	3104T
Полоса частот (-3 дБ), МГц		100		200		350		500		1000	
Число каналов	DSOX	2	4	2	4	2	4	2	4	4	4
	MSOX	2+16	4+16	2+16	4+16	2+16	4+16	2+16	4+16	4+16	4+16
Частота дискретизации, Гвыб./с		5 (половина каналов), 2,5 (все каналы)									
Глубина памяти, Мвыб		4, сегментированная память в стандартной комплектации									
Тип и размер дисплея		8,5-дюймовый емкостной дисплей с зонным триггером (стандартная комплектация)									
Скорость обновления		> 1 миллиона осциллограмм в секунду									
Интеграция (6-в-1)		Осциллограф, логический анализатор, анализатор протоколов, 20 МГц генератор, трехразрядный вольтметр, восьмиразрядный счетчик									
Возможности апгрейда		Полоса частот, логические каналы, программные опции									
Цены СІР, долл. США	DSOX	3 479	4 144	4 144	4 622	7 167	8 621	9 088	11 634	10 907	12 465
	MSOX	5 037	5 702	5 702	6 180	8 725	10 179	10 646	13 192	12 465	15 996

по ним. Поэтому зонный триггер становится необходимостью современного осциллографа общего назначения. Потребности пользователей возрастают; интеграция многих функций становится стандартным требованием.

Все эти тенденции нашли отражение в осциллографах семейства InfiniiVision 3000T серии X. Приборы отличаются высокими техническими характеристиками. Частотный диапазон различных моделей семейства InfiniiVision 3000T составляет от 100 МГц до 1 ГГц (табл. 1). В линейке есть двух- либо четырехканальные модели, с логическими каналами и без них. Частота дискретизации достигает 5 Гвыб/с., глубина памяти равна 4 Мвыборкам.

Управлять прибором можно как посредством ручек и кнопок, так и с помощью сенсорного экрана, который появился в модели 3000T – впервые в серии 3000. Собственно, буква T в названии прибора как раз и означает touch screen (сенсорный экран). Экран в приборах InfiniiVision 3000T имеет диагональ 8,5 дюймов и его интерфейс специально оптимизирован для работы пальцем. Нужно отметить, что, в отличие от приборов более высокого класса, работающих под управлением ОС Windows, в осциллографах InfiniiVision 3000T используется своя операционная система, и функции сенсорного экрана реализованы как часть самой этой системы, а не как отдельное приложение.

Мы рассмотрим основные особенности новых осциллографов, но прежде всего выделим два ключевых момента – многофункциональность и высокую скорость обновления.

### Многофункциональность: шесть в одном

В осциллографах InfiniiVision 3000T фактически объединены шесть полноценных приборов (рис.5): собственно осциллограф, работающий с аналоговыми данными; логический анализатор с 16-ю каналами; генератор сигналов произвольной формы; анализатор сигналов последовательных шин передачи данных (CAN, LIN, I<sup>2</sup>C, RS232 и др.); мультиметр и восьмиразрядный частотомер. Причем эта интеграция не влечет к деградации каких-то функций. Используйте ли вы возможности одного прибора или сразу всех шести – никакого снижения качества работы не произойдет.

Например, говоря о мультиметре, важно отметить, что долгое время компания Keysight оставалась единственным производителем, который предлагал функцию мультиметра в осциллографе. Эту опцию не нужно путать со многими приборами, в которых физически встроен отдельный мультиметр, со своими щупами. Такие устройства годятся только для исследования низкочастотных сигналов. В осциллографе InfiniiVision 3000T, как и в ряде других приборов Keysight,



Рис.5. Различные приборы в составе осциллографа InfiniiVision 3000T

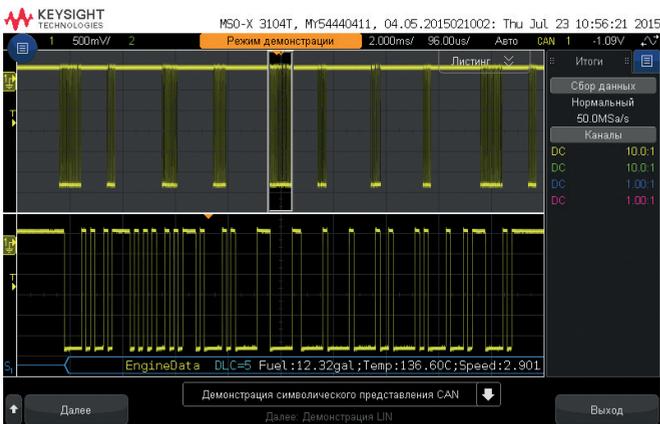
мультиметр реализован как дополнительная функция, она работает "с кончика" того же щупа, которым проводятся другие измерения.

Конечно, измерить напряжение в осциллографе можно и другими способами: визуально по осциллограмме, с использованием маркеров и др. Но мультиметр позволяет это сделать гораздо проще, с его помощью можно получить информацию автоматически, в цифровом формате, вывести ее в отдельном окне, которое, к тому же, можно свободно переместить в нужное место на экране, сделать прозрачным. То есть будет видна осциллограмма, а на ее фоне – показания мультиметра. При этом прибор, проводя мультиметрические измерения, не вносит ничего дополнительного в исследуемую цепь.

Осциллограф поддерживает функцию восьмиразрядного частотомера. Эту опцию удалось добавить за счет того, что была более чем на порядок (по сравнению с моделью 3000A) снижена нестабильность внутреннего источника опорной частоты.

Во встроенный генератор можно добавлять различные формы сигналов, записав их в пакете Matlab или выбрав из библиотеки. Можно также с помощью щупа захватить сигнал, записать его в память и затем использовать. Сигналы можно редактировать поточно, например, добавлять импульсные помехи. Причем это можно делать как во встроенном редакторе, так и во внешних программах.

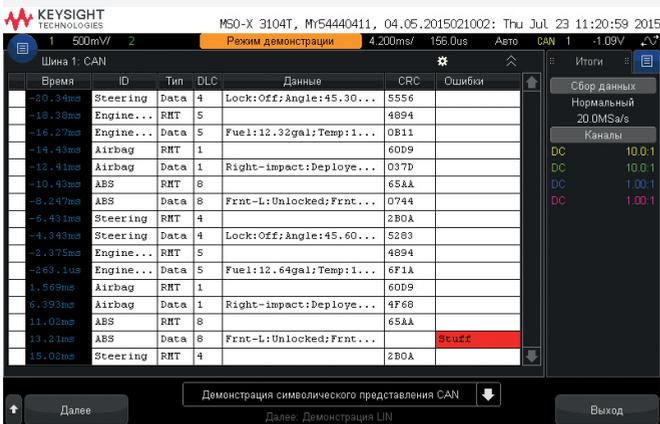
Стоит упомянуть и наличие у приборов отдельного дополнительного встроенного двухканального генератора тестовых сигналов. Его обширная библиотека включает записанные реальные сигналы различных форматов, включая фрагменты передачи данных по последовательным шинам различных стандартов.



а)



б)



в)

Рис.6. Работа с InfiniiVision 3000T в режиме анализа протокола CAN: а) отображение временной структуры сигнала. В верхней части – осциллограмма последовательности кадров CAN, в нижней – осциллограмма одного кадра (выделенное окно), под ним – смысловое интерпретирование этого кадра; б) совмещение листинга и временного представления с отметкой об ошибке; в) листинг протокола на весь экран

Назначение этой опции – использовать осциллографы в составе учебных комплексов (при выборе соответствующей опции в состав поставки включается комплекс лабораторных работ) или для обучения пользователя навыкам работы с осциллографом.

Отметим важную особенность встроенного анализатора сигналов последовательных шин передачи данных. Он обеспечивает возможность символического смыслового декодирования информации, передаваемой по протоколу CAN, который очень широко используется во многих задачах, прежде всего – в современном автомобилестроении. Этот режим позволяет пользователю одновременно просматривать временную структуру сигнала (включая помехи) и видеть кадровую структуру потока данных в шестнадцатеричном коде. Более того, можно отобразить на экране поток кадров CAN в виде соответствующей им смысловой информации, определяемой CAN-протоколами высокого уровня (как стандартными, так и протоколами отдельных производителей). Для этого достаточно подключить к осциллографу соответствующую библиотеку – и тогда прибор будет показывать листинг протокола в виде последовательности команд/сообщений (например, остаток топлива, температура двигателя и т.п.) (рис.6). Пользователь может сам написать интерпретатор сообщений CAN, если использует собственный протокол высокого уровня. Причем осциллограф автоматически определяет участки нарушения структуры протокола и выставляет метки корреляции времени этого события на аналоговом отображении сигнала. Такая возможность предусмотрена, чтобы снизить требования к глубине знаний оператора, – ведь данный класс приборов, напомним, предназначен для поиска и локализации проблем в широком диапазоне областей применения. При реальной работе удобно определить проблемы декодирования в листинге протокола, выделить более короткий временной интервал и посмотреть метку привязки проблемного сообщения к временной точке на осциллограмме, а затем на большой скорости развертки увидеть собственно причину проблемы.

### Высокая скорость обновления экрана

Одна из ключевых характеристик осциллографов общего назначения – скорость обновления экрана (Update Rate). Пожалуй, это важнейшая характеристика прибора, поскольку она непосредственно влияет на основную функцию осциллографа – отобразить все, что происходит с сигналом. В осциллографах InfiniiVision 3000T скорость обновления экрана имеет рекордное значение – свыше одного миллиона раз в секунду. Этот параметр вызывает массу вопросов – действительно,

**Таблица 2.** Скорость обновления экрана осциллографов различных производителей

Осциллограф	Скорость обновления, тыс. раз/с	
	Стандартный режим	Специальный режим
Keysight InfiniiVision 3000T X-серия	1000	Не требует спец. режима
Danaher-Tektronix MDO3000	60	281
Teledyne-LeCroy WaveSurfer3000	70	130

как можно обновлять ЖК-экран с такой скоростью, да и зачем вообще нужно обновление с частотой выше 100 Гц? Поэтому поясним смысл понятия "скорость обновления экрана".

В терминологии аналоговых осциллографов это частота развертки. В цифровых осциллографах, при высокой скорости дискретизации сигнала ( $2,5-5 \cdot 10^9$  выб/с), цикл отображения сигнала на экране состоит из двух фаз – относительно короткой фазы сбора (записи) информации и огромной по длительности фазы ее обработки и вывода на дисплей. В результате редкие события (искажения сигнала, помехи и др.), происходящие в периоды между сбором информации, не отображаются на экране. Собственно, во многом именно с этой проблемой связано стремление многих производителей иметь большую глубину памяти своих осциллографов. Это позволяет инженерам использовать осциллограф в качестве оцифровщика сигнала – загонять в память в режиме

однократного запуска огромный объем информации, а потом анализировать их вне реального масштаба времени – либо на экране осциллографа, либо на внешнем компьютере.

Но ведь осциллографы – это приборы, предназначенные для отображения полной информации о сигнале в реальном времени (если проблема не видна, то ее невозможно решить). Для этого и нужна высокая скорость (частота) обновления экрана. Важно не только с высокой скоростью проводить измерения сигнала, но и делать это часто. Пользуясь аналогией, можно сказать, что одно дело пробежать за 9,6 с 100 м, а другое дело повторять это каждые 15 с. Конечно, никакой ЖК-экран не поддерживает скорость обновления миллион раз в секунду. Но тут речь идет о формировании цифрового изображения, поэтому скорее уместно говорить не об "обновлении экрана", а о скорости добавления новой информации. И если мы говорим о скорости обновления один миллион раз в секунду, это значит, что информация добавляется на экран каждую микросекунду. Поэтому редкие события обязательно будут зафиксированы и отображены. В действительности высокой скорости обновления легко убедиться, включая режим эмуляции с пониженной частотой обновления. Паразитные сигналы, видимые при высокой частоте, в этом режиме исчезают с экрана.

Причем высокая скорость обновления экрана достигается без ограничения производительности других функций прибора. Это также очень важно подчеркнуть, поскольку в осциллографах конкурентов предусмотрены специальные режимы высокой скорости обновления экрана (табл.2), но при параллельном использовании других функций (подключение логических каналов, выполнение быстрого преобразования Фурье и др.) скорость обновления и вероятность обнаружения редких событий резко снижаются

**Таблица 3.** Вероятность обнаружения нестабильности сигнала на экране осциллографа. Горизонтальная развертка – 10 нс/дел

Режим дополнительных измерений	Keysight InfiniiVision 3000T X-серия		Danaher-Tektronix MDO3000	
	Скорость обновления, тыс. раз/с	Вероятность, %	Скорость обновления, тыс. раз/с	Вероятность, %
Без дополнительных измерений	1114	94	281	50
Дополнительный цифровой канал	1101		0,132	0,03
Мультиметр	1114		2,2	0,55
Быстрое преобразование Фурье	1114		2,2	0,55
Анализ последовательного интерфейса	1100		1,8	0,45
Опорный генератор сигналов	1113		2,2	0,55

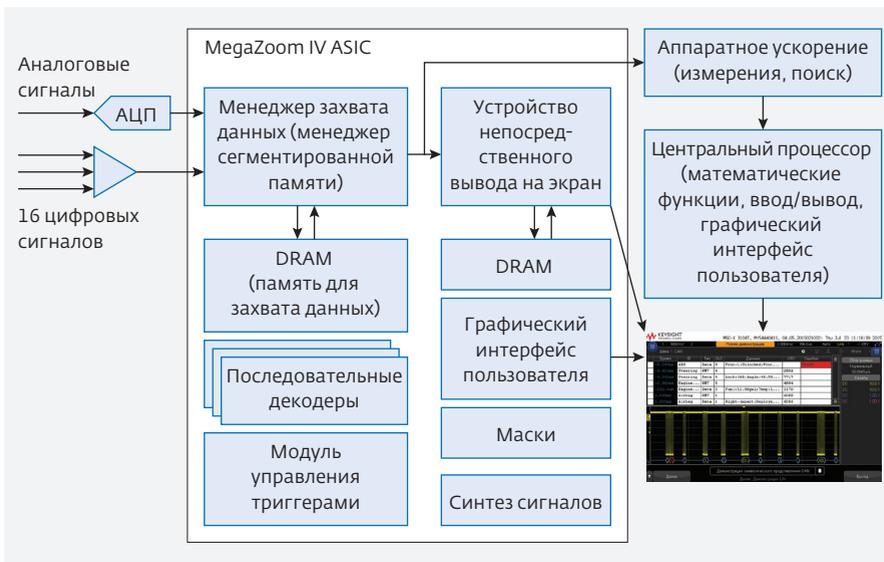


Рис.7. Блок-схема ASIC MegaZoom IV

(табл.3). Таким образом, высокая скорость обновления – ключевое требование к приборам данного класса. И осциллографы InfiniiVision 3000T со скоростью обновления 1 млн/с в полной мере удовлетворяют этому требованию.

Конечно, реализация высокой скорости обновления экрана – технически не простая задача. В осциллографах InfiniiVision 3000T она решена на аппаратном уровне, с помощью технологии "интеллектуальной памяти" MegaZoom IV, реализованной на специальной СБИС (ASIC) (рис.7), разработанной и выпускаемой самой компанией Keysight. Суть этой технологии – аппаратная поддержка многих функций осциллографа без задействования ресурсов центрального процессора. Среди этих функций – менеджер захвата данных (менеджер сегментированной памяти), собственно банки ОЗУ, набор последовательных декодеров, модуль управления триггерами, поддержка тестирования по маскам, генератор сигналов произвольной формы, устройства непосредственного вывода

на экран аналоговых и цифровых данных, поддержка экранного пользовательского интерфейса и другие возможности. Именно ASIC MegaZoom IV позволила реализовать многие возможности прибора, которые делают его столь уникальным.

### Зоновый триггер

После того, как сигнал, соответствующий редкому событию, выявлен, его необходимо выделить для последующего анализа. Обычно это сложная процедура, требующая от пользователя большого опыта. Нужно выбирать из различных критериев, по которым можно синхронизировать осциллограф (уровень сигнала, скорость нарастания фронта и др.). Как правило, на это затрачивают много времени и требуется немалый опыт, порой граничащий с искусством.

В осциллографах InfiniiVision 3000T такая проблема решается посредством так называемого зонного триггера, реализованного на сенсорном экране. Достаточно просто выделить пальцем область вокруг интересующей части сигнала и в контекстном меню выбрать условие запуска (например, "Должен пересекать") (рис.8). Возможны и другие условия запуска. Простота этого режима такова, что с ним справится даже ребенок.

### Сегментированная память

Осциллографы InfiniiVision 3000T уже в стандартной комплектации оснащены функцией сегментированной памяти. Она позволяет разделить память на ряд одинаковых сегментов (до 1000). Особенность этого режима в приборах InfiniiVision 3000T – в эффективном использовании памяти. Ведь объем в 4 Мвыборки едва ли поразит воображение, зачастую у конкурентов

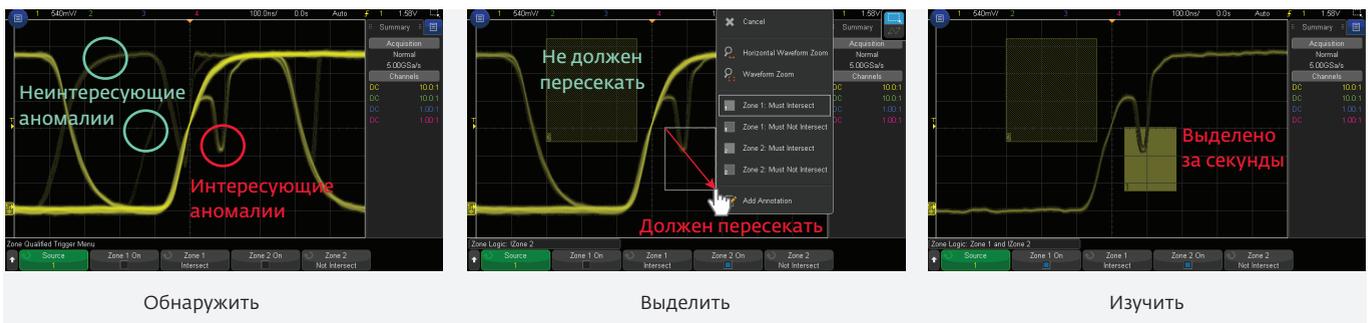
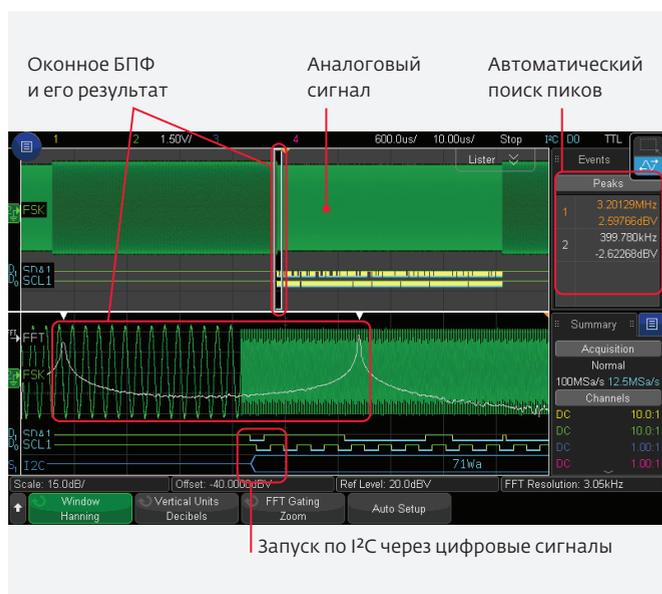


Рис.8. Работа с зонным триггером



**Рис.9.** Коррелированный анализ во временной и частотной областях

этот показатель в разы выше. Казалось бы, чем больше памяти для записи сигнала, тем лучше. Но дело ведь не только в объеме памяти, но и в ее эффективном использовании. И при большем объеме, но без режима сегментирования, можно работать только со всей памятью сразу. Это все равно, что видеочасть без кнопки стоп/пуск – начав запись, ее нельзя прервать, а потом продолжить с места остановки, только с начала, с потерей уже записанной информации.

Функция сегментированной памяти очень эффективна при работе с потоками данных, в которых чередуются короткие импульсные сигналы и длительные "мертвые" периоды. В этом случае можно задать высокую частоту дискретизации и по срабатыванию триггера записывать только те периоды, в которых присутствуют представляющие интерес данные (например, отдельные спорадические импульсы). При этом неинформативные участки не занимают память осциллографа. Особенно это актуально при работе с сигналами с высокой скважностью. Если же сегментирования нет, то мы запомним больший по времени интервал, но в него попадет гораздо меньше реально интересующих событий. Поэтому в осциллографах Keysight номинально памяти меньше, но запомнить она позволяет гораздо больше.

Одна из важных особенностей работы с сегментированной памятью – мы можем записывать в память изменения сигнала в течение заданного интервала до момента срабатывания триггера, выставленного, например, на срабатывание по достижении некоего уровня. Это связано с тем, что осциллограф



**Рис.10.** Тестирование по маске

всегда хранит в буфере определенный оцифрованный фрагмент сигнала, и его можно перенести в сегмент памяти. В результате мы можем увидеть, например, начальные фазы возникновения импульса определенной амплитуды, но не захватывать все помехи с амплитудой ниже заданного порога. Если не использовать сегментированную память, запись подобных событий потребовала бы гораздо большего объема. В результате память на 4 Мвыборки, но с возможностью сегментирования, становится эквивалентной едва ли не терабайтной памяти – чего нет ни у кого из конкурентов. И это, опять же, стало возможно за счет аппаратной реализации процесса работы с памятью, то есть благодаря архитектурному решению прибора в целом, а также технологии работы с памятью MegaZoom IV.

### Коррелированный анализ в частотной и временной областях

В осциллографах InfiniiVision 3000T реализована возможность одновременного анализа сигнала во временной и частотной областях. Нужно иметь в виду, что при выборе широкого временного интервала спектр сложных сигналов, как правило, слишком размазан и неинформативен. На практике наибольший интерес представляет выделение достаточно узкого окна во временной области с какой-то особенностью сигнала и проведение анализа спектра именно для этого окна (рис.9). При этом на экране осциллографа отображается одновременно исходный сигнал во временной области, увеличенная (растянутая по горизонтали) выделенная область и спектр сигнала в этой области. Например, на рис.9 хорошо виден сигнал с изменяющейся во времени частотой и наложенный на него спектр с двумя пиками, соответствующими этим частотам. Прибор может выполнять автоматический поиск по пикам (до 11 пиков) и выводить их параметры в отдельном окне.



Рис.11. Интерфейс осциллографа в режиме анализа источников питания

### Дополнительные измерительные функции

В осциллографах InfiniiVision 3000T предусмотрена масса встроенных измерительных функций. Одна из них – тестирование по маске (рис.10). Ее можно использовать для поиска ошибок в передаче данных, связанных с помехами в передаваемом сигнале. Искаженный сигнал попадает в маску и регистрируется. Нужно подчеркнуть, что в приборах конкурентов (в том числе гораздо более дорогих), где заявлена аналогичная функция, пользоваться ею практически невозможно. Дело в том, что в реальных элементах телекоммуникационной техники коэффициент битовых ошибок (Bit Error Ratio, BER) составляет порядка  $10^{-5}$  и меньше. А приборы конкурентов способны выполнять только 114–150 измерений в секунду. Нетрудно подсчитать, сколько часов придется просидеть, чтобы "поймать" ошибки при  $BER=10^{-5}$ . Осциллографы же InfiniiVision 3000T работают в данном режиме со скоростью 270–285 тыс. измерений в секунду – вполне достаточно для быстрого выявления ошибок.

Еще одна функция – автоматические измерения параметров источников питания (ИП) (рис.11). Эта область регулируется множеством международных нормативных документов, определяющих требования к ИП. Важные задачи – повысить КПД источников питания, снизить их тепловыделение. Все это приводит к необходимости проводить множество различных тестов. Осциллографы InfiniiVision 3000T позволяют в автоматическом режиме выполнять огромное количество типовых измерений, принятых в этой отрасли. Например, можно посмотреть переходные процессы, проанализировать потери во время переходного режима, во время переключения элемента, определить реактивную мощность, проанализировать гармоники. То есть прибор дает пользователю возможность, не заходя в кипы технической документации,

регулирующей эту область, достаточно быстро протестировать ИП и выявить проблему.

### Пробники

Все модели семейства InfiniiVision 3000T, вне зависимости от частотного диапазона, стандартно комплектуются 500 МГц пассивными пробниками. Почему именно 500 МГц? Потому что после модели 500 МГц идет модель 1 ГГц, а компания Keysight считает, что на частотах больше 750 МГц лучше применять активные пробники. Отметим, что активные пробники автоматически распознаются прибором. Причем предусмотрены переходники для пробников других компаний, например Tektronix, которые осциллограф также опознает автоматически.

### Модернизация

Отметим и особенности модернизации (апгрейда) приборов InfiniiVision 3000T. Прежде всего, в отличие от большинства других производителей, компания Keysight предлагает в моделях InfiniiVision 3000T (как и в ряде других приборов) возможность расширения частотного диапазона. Обычно, по сложившейся на рынке практике, апгрейд обходится дороже, чем номинальная разница между стоимостью моделей. В семействе InfiniiVision 3000T стоимость модификации равна разнице по прайс-листу между соответствующими моделями. Причем, если при модернизации требуется вмешательство сервисного центра, например для замены платы либо калибровки, это делается бесплатно. Что также немаловажно, компания Keysight нередко проводит специальные акции, когда те или иные наборы опций можно приобрести значительно дешевле, чем просто сумма каждой из них по отдельности. Поэтому следите за российским сайтом компании!

\* \* \*

Технические характеристики и функциональные возможности приборов InfiniiVision 3000T позволяют успешно применять их в различных областях: в автомобильной и электронной промышленности, для измерения параметров современных устройств с большой динамикой по электропотреблению, для проведения исследований и многих других задач.

В целом, осциллографы InfiniiVision 3000T – это очень функциональный, эффективный и универсальный инструмент. Мало того, что этот прибор позволяет решать множество задач, связанных с разработкой, отладкой, производством и ремонтом радиоэлектронной аппаратуры. С этими осциллографами еще и приятно работать. Достаточно просто попробовать! ●