

## Keysight Technologies

Скорость обновления сигналов на экране осциллографа, как критерий вероятности захвата труднообнаруживаемых событий

Рекомендации по применению



## Введение

### Как повысить шансы обнаружения кратковременных импульсных помех

Хотя при выборе осциллографа скорость обновления сигналов на экране часто обходят вниманием, этот параметр может быть очень важным – иногда не менее важным, чем такие традиционные характеристики, как полоса пропускания, частота дискретизации и глубина памяти. И хотя скорость обновления сигналов на экране может казаться достаточно высокой и динамичной при исследовании периодически повторяющихся сигналов, понятие «высокая» является весьма относительным. Например, несколько тысяч осциллограмм в секунду – это достаточно высокая скорость в общем случае, но с точки зрения статистики это может быть очень медленно, если вы пытаетесь захватить случайное или редкое событие, которое происходит всего раз за миллион периодов сигнала.

Можно назвать три причины, которые делают скорость обновления сигналов на экране столь важным параметром современных осциллографов. Во-первых, если осциллограф обновляет сигналы очень медленно, то работа с ним может вызывать раздражение. Поворачивая регулятор скорости развертки, вы ожидаете немедленной реакции осциллографа, а не несколько секунд спустя, когда осциллограф завершит обработку данных. Во-вторых, высокая скорость обновления сигналов может улучшить качество изображения, выявляя мелкие детали сигнала, такие как шум и джиттер, за счёт модуляции яркости. Но самое главное, высокая скорость обновления сигналов повышает вероятность захвата случайных и редких событий, что может спасти вас от сверхурочной работы.

Осциллографы семейства InfiniiVision компании Keysight Technologies не только обладают самой высокой скоростью обновления сигналов при использовании аналоговых осциллографических каналов (до 1 000 000 осциллограмм в секунду), но и сохраняют столь высокие скорости обновления при использовании цифровых каналов и/или в режиме декодирования последовательных шин (осциллографы смешанных сигналов). И хотя другие производители могут декларировать для своих осциллографов смешанных сигналов относительно высокие скорости обновления сигналов, при использовании цифровых каналов и/или в режиме декодирования последовательных шин эта скорость сильно падает.

Настоящие рекомендации по применению включают примеры измерений, в которых сравнивается вероятность захвата аномальных событий осциллографами смешанных сигналов разных производителей. Но сначала давайте рассмотрим некоторые факторы, влияющие на скорость обновления сигналов, а затем покажем, как рассчитывать вероятность захвата редких событий.

## Мёртвое время осциллографа

Во время отладки новой схемы скорость декодирования и обновления сигналов может играть решающую роль, особенно если вы пытаетесь найти и устранить редкие или перемежающиеся проблемы. Решение таких проблем особенно сложно. Высокие скорости декодирования и обновления сигналов повышают вероятность захвата осциллографом труднообнаруживаемых событий. Чтобы понять, с чем это связано, давайте разберёмся с так называемым «мёртвым временем» осциллографа. Все осциллографы имеют «мёртвое время», как показано на рис. 1. Это время между последовательными захватами, когда осциллограф обрабатывает ранее захваченный сигнал для его вывода на экран. Во время этой обработки (или мёртвого времени) осциллограф не видит никаких сигналов, которые могут появляться в исследуемой схеме.

Обратите внимание на выделенные импульсные помехи (глитчи) на рис.1, которые появляются в течение мёртвого времени осциллографа. После двух циклов захвата эти глитчи так и не отобразились на экране осциллографа. Если знать скорость обновления сигналов, то определить процент мёртвого времени очень просто. Для расчёта процента мёртвого времени осциллографа нужно взять длительность цикла захвата, вычесть из него время отображения захваченного сигнала и разделить полученную разность на длительность цикла захвата. Длительность цикла захвата осциллографа просто равна обратной величине от частоты обновления сигналов, которую нужно измерить для конкретной используемой схемы. Приведённое ниже уравнение показывает процесс расчёта процента мёртвого времени осциллографа.

$$\begin{aligned} \% DT &= \text{Процент мёртвого времени осциллографа} \\ &= 100 \times [(1/U) - W]/(1/U) \\ &= 100 \times (1 - UW) \end{aligned}$$

где

U = измеренная частота обновления сигналов

и

W = Время отображения захваченного сигнала = Скорость развертки x 10

Один неприятный факт, который большинство производителей осциллографов признают очень неохотно, заключается в том, что мёртвое время осциллографа зачастую на несколько порядков превышает время отображения захваченного сигнала, даже в осциллографах, для которых указана исключительно высокая скорость обновления.

Это значит, что захват редких и труднообнаруживаемых событий на осциллографе напоминает азартную игру, вероятность выигрыша в которую зависит от нескольких параметров настройки. Можно провести достаточно близкую аналогию между вероятностью захвата случайных событий на осциллографе и вероятностью выпадения некоторой грани игральной кости. Давайте сначала рассмотрим вероятность выпадения грани игральной кости, а затем проследим, как она связана с вероятностью захвата сигнала.

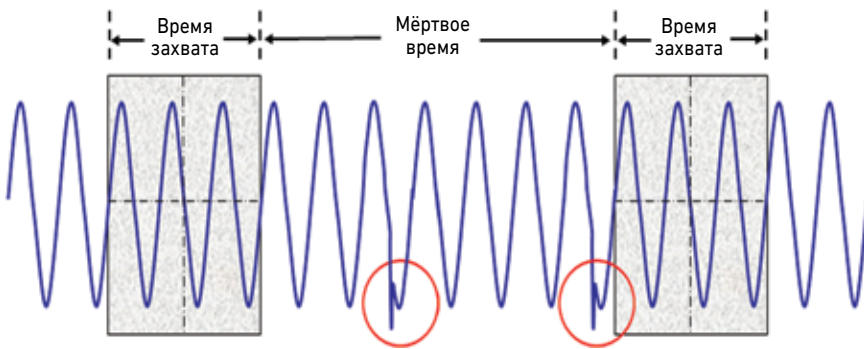


Рис. 1. Соотношение мёртвого времени осциллографа и времени отображения захваченного сигнала.

## Уроки игры в кости

Если бросить одну шестигранную игральную кость, то вероятность выпадения некоторой грани равна одной шестой. Тут всё понятно! А какова вероятность того, что после двух бросков некоторая грань выпадет хотя бы раз? Сильно не задумываясь, можно предположить, что она равна двум шестым или 33,3 %. Но если бы это было так, то бросив кость 10 раз, вы получили бы вероятность хотя бы однократного выпадения некоторой грани больше 100 %, что невозможно. Вероятность в процентах ( $P_N$ ) хотя бы однократного выпадения некоторой грани кости с числом граней  $S$  после  $N$  бросков определяется формулой:

$$P_N = 100 \times (1 - [(S-1)/S]^N)$$

Чтобы понять это уравнение, нужно представить, что мы вычисляем не вероятность выпадения некоторой грани, а вероятность того, что она ни разу не выпадет. Вероятность того, что некоторая грань не выпадет после одного броска равна  $(S-1)/S$ . Для шестигранной кости это равно  $5/6$ . При последующих  $N$  бросках вероятность того, что некоторая грань не выпадет ни разу, снижается экспоненциально. Это значит, что вероятность хотя бы однократного её выпадения растёт, но никогда не достигает и тем более не превышает 100 %.

Для расчёта вероятности захвата сигнала осциллографом давайте обозначим буквой  $S$  отношение среднего периода появления аномального события к времени отображения захваченного сигнала осциллографа. Например, если глитч появляется раз в 10 мс (100 раз в секунду), а скорость развёртки осциллографа равна 200 нс/дел., то время отображения захваченного сигнала равно 200 наносекундам, и  $S = 10 \text{ мс}/200 \text{ нс}$ , или 50000. В данном примере это эквивалентно игральной кости с 50000 гранями (попытайтесь это представить, взглянув на многогранную кость на рис. 2), на одной из которых расположено аномальное событие. Вероятность захвата глитча после одного цикла захвата равна всего  $1/50000$ , а вероятность не захватить глитч равна  $49999/50000$ .



Рис. 2. Многогранная кость с глитчем на одной грани.

Чтобы повысить вероятность захвата редко появляющегося глитча в некоторый фиксированный интервал времени, нужно, чтобы осциллограф пытался захватить сигнал несколько раз, и как можно быстрее. Вот здесь-то и вступает в игру скорость обновления сигналов. Значение  $N$ , которое представляет теперь количество захватов осциллографа, равно частоте захвата сигналов, умноженной на приемлемое время наблюдения. Время наблюдения – это время, которое вы готовы потратить на наблюдение сигнала на экране осциллографа с целью определения, нормальный он или нет, прежде чем переставить пробник на другую контрольную точку. Таким образом, для осциллографа уравнение вероятности захвата аномального события принимает вид:

$$P_t = 100 \times (1 - [1 - RW]^{(U \times t)})$$

где

$P_t$	=	Вероятность захвата аномалии за $t$ секунд
$t$	=	Время наблюдения
$U$	=	Измеренная частота обновления сигналов
$R$	=	Частота появления аномального события
$W$	=	Время отображения захваченного сигнала = Скорость развёртки $\times 10$

## Наглядное сравнение захвата глитча

Используя приведённые выше уравнения для вероятности и мёртвого времени, выполним сравнение двух осциллографов с полосой пропускания 500 МГц со схожими характеристиками и находящихся в одной ценовой категории.

Для этого измерения мы использовали реальную схему, которая генерирует случайное метастабильное состояние (редкий глитч) примерно пять раз в секунду. Мы начали со стандартных настроек по умолчанию на каждом осциллографе. Поскольку длительность глитча, который мы хотим увидеть, лежит в диапазоне от 5 до 15 нс, мы выбрали скорость развёртки 10 нс/дел. Чтобы максимально повысить скорость обновления сигналов, мы не включали никаких специальных функций, таких как измерения, математические функции, анализ последовательных шин и цифровые каналы. Тем не менее, мы включили на всех осциллографах 5-секундное послесвечение, что не влияет на скорость обновления сигналов. Во всех осциллографах использовались стандартные условия запуска по положительному перепаду с уровнем запуска +1,40 В, таким образом, если во время захвата появится метастабильное состояние, то оно будет наблюдаться примерно в центре экрана. Для расчёта вероятности захвата глитча на каждом осциллографе мы предположили, что разумным временем наблюдения будет 5 секунд.

На рис. 3 можно увидеть, что осциллограф Keysight 3000 серии X уверенно захватил несколько появлений случайного и редкого метастабильного состояния в пределах пяти секунд со скоростью обновления 1 000 000 осциллограмм в секунду.

Процент мёртвого времени в этом измерении на осциллографе Keysight 3000 серии X получился равным:

$$\% DT = 100 \times (1 - (1\,000\,000/c \times 100 \text{ нс})) = 90 \%$$

Хотя мёртвое время этого осциллографа равнялось примерно 90 % при скорости развёртки 10 нс/дел., – что может показаться слишком большой величиной – вероятность захвата глитча в пределах 5 секунд была очень велика, что определяется следующим уравнением:

$$P_{(5c)} = 100 \times (1 - [1 - (5/c \times 100 \text{ нс})]^{1\,000\,000/c \times 5c}) = 91,8 \%$$

Для осциллографа Tektronix серии DPO/MS03000 результаты были совершенно иными, как показано на рис. 4. Хотя заявленная частота обновления сигналов для этого осциллографа достигает 55 000 осциллограмм в секунду при скорости развёртки 10 нс/дел., скорость

обновления оказалась равной всего 2600 осциллограмм в секунду. Ниже показан расчёт процента мёртвого времени осциллографа Tektronix MS03000 для того же измерения:

$$\% DT = 100 \times (1 - (2600/c \times 100 \text{ нс})) = 99,97 \%$$

Причина, по которой мы не увидели редкое метастабильное состояние после пяти секунд наблюдения на осциллографе Tektronix, заключается в том, что вероятность захвата глитча была мала из-за большого мёртвого времени. Если вы подозреваете, что исследуемый сигнал имеет проблемы, и если вы готовы ждать достаточно долго, то этот осциллограф в конце концов захватит метастабильное состояние. Ниже приведён расчёт вероятности захвата глитча после пяти секунд наблюдения на осциллографе Tektronix DPO/MS03000:

$$P_{(5c)} = 100 \times (1 - [1 - (5/c \times 100 \text{ нс})]^{(2600/c \times 5c)}) = 0,65 \%$$

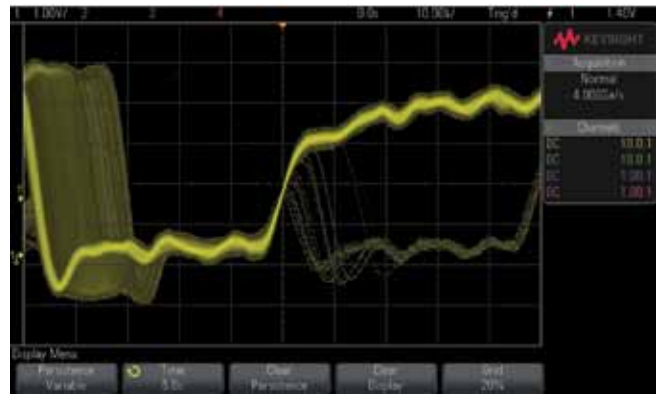


Рис. 3. Осциллограф Keysight MSO/DSO3000 серии X уверенно захватывает редко появляющееся метастабильное состояние с частотой обновления 1000 000 осциллограмм в секунду.

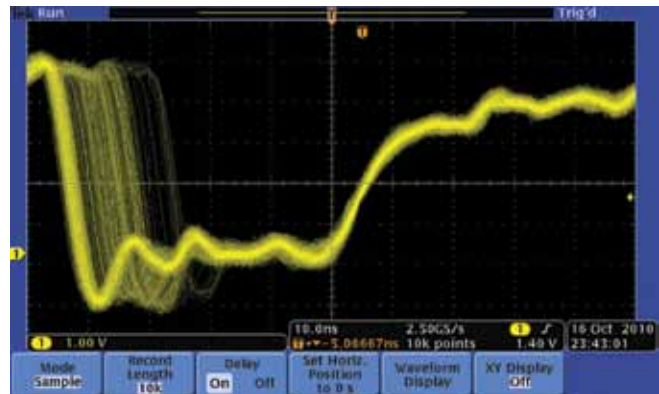


Рис. 4. Осциллограф Tektronix DPO/MS03000 практически никогда не захватывает редко появляющееся метастабильное состояние с частотой обновления 2600 осциллограмм в секунду.

## Определение реальной скорости обновления сигналов

Скорость обновления сигналов зависит от множества факторов. Производители осциллографов обычно указывают скорость обновления для лучшего случая, которая часто достигается лишь в очень ограниченных условиях.

Как правило, в первую очередь на скорость обновления влияет скорость развёртки осциллографа. Это связано с тем, что скорость развёртки определяет длительность отображаемого интервала захвата. Чем больше времени на деление вы установили, тем длиннее получается оцифрованная осциллограмма. Например, на скорости 2 мс/дел. время захвата всего экрана составляет 20 мс. Если мёртвое время осциллографа равно нулю, что теоретически невозможно, то абсолютная скорость обновления для лучшего случая составит 50 осциллограмм в секунду (1/20 мс).

Если вам важно знать скорость обновления сигналов и скорость декодирования, то их надо измерить при разных сочетаниях настроек, которые вы собираетесь использовать. Не полагайтесь слепо на скорость обновления, заявленную производителем осциллографа.

Измерить скорость обновления осциллографа совсем не сложно. Большинство осциллографов имеет выход сигнала запуска – ис-

пользуемый обычно для запуска других приборов. Вы можете определить скорость обновления осциллографа, измерив среднюю частоту выходного сигнала запуска с помощью внешнего частотомера. Не забывайте, что потенциальная частота входного сигнала запуска осциллографа должна превышать допустимую скорость обновления. В противном случае скорость обновления осциллографа будет ограничена медленным запуском.

В таблицах 1, 2 и 3 приведено сравнение измеренных скоростей обновления сигналов близких по стоимости осциллографов с полосой пропускания 100 МГц, 500 МГц и 1 ГГц. Тест начинался с выбора стандартных настроек по умолчанию для каждого осциллографа. В осциллографе включался только один канал. Глубина памяти оптимизировалась для каждого диапазона скорости развёртки путём выбора минимального объёма памяти захвата, который обеспечивал бы максимальную доступную частоту дискретизации. Обратите внимание, что в осциллографах Keysight благодаря технологии MegaZoom это делается автоматически.

## Измеренные скорости обновления сигналов осциллографов с полосой пропускания 100 МГц

Скорость развертки	Keysight 2000 X-Series	Tek DPO2000 Series	Tek TDS2000 Series	LeCroy WaveJet
2 нс/дел.	54 000	140	60	1 000
5 нс/дел.	54 000	130	60	1 000
10 нс/дел.	54 000	130	60	1 000
20 нс/дел.	54 000	160	60	1 000
50 нс/дел.	54 000	220	60	1 000
100 нс/дел.	52 000	6 200	50	1 000
200 нс/дел.	49 000	5 500	100	1 000
500 нс/дел.	43 000	4 200	100	1 000
1 мкс/дел.	35 000	2 300	100	625
2 мкс/дел.	26 000	2 000	100	300
5 мкс/дел.	18 000	2 000	100	150
10 мкс/дел.	9 000	1 400	100	70
20 мкс/дел.	4 500	1 200	100	35
50 мкс/дел.	1 800	400	90	35
100 мкс/дел.	900	180	90	35
200 мкс/дел.	460	120	200	35
500 мкс/дел.	170	80	140	25
1 мс/дел.	60	60	80	20
2 мс/дел.	43	30	40	15
5 мс/дел.	~18	~20	~20	~10
10 мс/дел.	~9	~8	~10	~7
20 мс/дел.	~5	~4	~4	~4
50 мс/дел.	~2	~2	~2	~2
100 мс/дел.	~1	~1	~1	~1

Табл. 1. Скорость обновления сигналов для лучшего случая близких по цене осциллографов с полосой пропускания 100 МГц

## Измеренные скорости обновления сигналов осциллографов с полосой пропускания 500 МГц

Скорость развертки	Keysight 3000 X-Series	Tek DPO3000 Series	Tek TDS3000 Series	LeCroy WaveSurfer
1 нс/дел.	960 000	2 500	670	490
2 нс/дел.	960 000	2 500	670	470
5 нс/дел.	960 000	2 500	670	485
10 нс/дел.	1 030 000	2 600	770	480
20 нс/дел.	960 000	2 200	770	420
50 нс/дел.	570 000	46 000	770	410
100 нс/дел.	340 000	46 000	770	400
200 нс/дел.	170 000	46 000	770	250
500 нс/дел.	74 000	43 000	770	220
1 нкс/дел.	38 000	7 300	770	190
2 нкс/дел.	19 000	4 400	770	145
5 нкс/дел.	7 800	2 500	770	75
10 нкс/дел.	3 900	200	500	50
20 нкс/дел.	2 000	200	500	25
50 нкс/дел.	780	150	430	12
100 нкс/дел.	780	25	330	6
200 нкс/дел.	450	18	250	6
500 нкс/дел.	170	18	160	6
1 мс/дел.	60	16	77	~6
2 мс/дел.	43	14	42	~6
5 мс/дел.	18	11	~20	~5
10 мс/дел.	9	6	~10	~4
20 мс/дел.	~5	~4	~5	~3
50 мс/дел.	~2	~2	~2	~1.5
100 мс/дел.	~1	~1	~1	~0.8

Табл. 2. Скорость обновления сигналов для лучшего случая близких по цене осциллографов с полосой пропускания 500 МГц



## Измеренные скорости обновления сигналов осциллографов с полосой пропускания 1 ГГц

Скорость развертки	Keysight 4000 X-Series	Tek DPO4000 Series	LeCroy WaveRunner
500 пс/дел.	1 020 000	2 500	490
1 нс/дел.	1 010 000	2 500	490
2 нс/дел.	1 000 000	2 500	470
5 нс/дел.	990 000	2 500	485
10 нс/дел.	1 030 000	2 500	480
20 нс/дел.	880 000	58 000	420
50 нс/дел.	490 000	58 000	410
100 нс/дел.	280 000	58 000	400
200 нс/дел.	140 000	48 000	250
500 нс/дел.	60 000	10 000	220
1 мкс/дел.	30 000	4 700	190
2 мкс/дел.	15 000	2 500	145
5 мкс/дел.	6 300	360	75
10 мкс/дел.	3 200	290	50
20 мкс/дел.	1 600	150	25
50 мкс/дел.	1 300	25	12
100 мкс/дел.	900	17	6
200 мкс/дел.	430	11	6
500 мкс/дел.	170	11	6
1 мс/дел.	85	10	~6
2 мс/дел.	40	9	~6
5 мс/дел.	18	8	~5
10 мс/дел.	9	5	~4
20 мс/дел.	~5	~3	~3
50 мс/дел.	~2	~2	~1.5
100 мс/дел.	~1	~1	~0.8

Табл. 3. Скорость обновления сигналов для лучшего случая близких по цене осциллографов с полосой пропускания 1 ГГц

## Заключение

Если вам приходится искать и устранять случайные и редко возникающие помехи, то при выборе осциллографа вам важно учитывать скорость обновления сигналов. Скорость обновления непосредственно определяет вероятность захвата и отображения непериодических аномалий сигнала.

Хотя эти рекомендации по применению посвящены в первую очередь сравнению скоростей обновления сигналов для наилучшего случая при использовании только аналоговых каналов осциллографа, нужно иметь в виду, что скорость обновления большинства осциллографов сильно падает при использовании цифровых каналов (в осциллографах смешанных сигналов) и/или режима декодирования сигналов последовательных шин, особенно при большой глубине памяти.

Четвертое поколение осциллографов InfiniiVision компании Keysight предлагает самые высокие в отрасли скорости обновления сигналов и декодирования последовательных сигналов (до 1000 000 осциллограмм в секунду). Осциллографы смешанных сигналов InfiniiVision не снижают скорости обновления при использовании цифровых каналов или включении декодирования сигналов последовательных шин. Цифровые осциллографы и осциллографы смешанных сигналов InfiniiVision компании Keysight достигают столь высоких скоростей обновления благодаря высокому уровню аппаратной интеграции (технология MegaZoom), которая минимизирует мёртвое время осциллографа.

## Глоссарий

**Мёртвое время** – время, используемое осциллографом на обработку оцифрованных сигналов для вывода их на экран; в течение мёртвого времени осциллограф не реагирует на входные сигналы.

**Технология MegaZoom IV** – собственная технология захвата и отображения компании Keysight, которая обеспечивает чрезвычайно высокие скорости обновления сигналов на экране и декодирования сигналов последовательных шин (более 1 000 000 осциллограмм в секунду на осциллографах InfiniiVision 3000 и 4000 серии X), одновременно оптимизируя использование памяти и частоту дискретизации.

**Метастабильное состояние** – нестабильное состояние выходного сигнала цифровой схемы, обычно проявляющееся в виде импульсной помехи (глитча) и вызванное нарушением условий установки и/или удержания входного сигнала.

**Осциллограф смешанных сигналов (MSO)** – осциллограф с дополнительными цифровыми каналами, коррелированными по времени, и комбинированным запуском по логическим состояниям/последовательностям аналоговых и цифровых каналов.

**Скорость обновления сигналов на экране** – число осциллограмм, которое осциллограф может захватить и отобразить за одну секунду.

## Литература

Название публикации	Тип публикации	Номер публикации
<i>Пробники и принадлежности для осциллографов InfiniiVision</i>	Руководство по выбору	5968-8153EN
<i>Как качество экрана осциллографа влияет на представление сигнала</i>	Рекомендации по применению	5989-2003EN
<i>Оценка шумов системы вертикального отклонения осциллографов</i>	Рекомендации по применению	5989-3020EN
<i>Выбор осциллографов для отладки схем со смешанными сигналами</i>	Рекомендации по применению	5989-3702EN
<i>Частота выборки осциллографа и достоверность дискретизации</i>	Рекомендации по применению	5989-5732EN
<i>Оценка полосы пропускания осциллографа, необходимой для ваших приложений</i>	Рекомендации по применению	5989-5733EN
<i>Осциллографы InfiniiVision 2000 серии X</i>	Техническое описание	5990-6618EN
<i>Осциллографы InfiniiVision 4000 серии X</i>	Техническое описание	5991-1103EN
<i>Осциллографы InfiniiVision 6000 серии X</i>	Техническое описание	5991-4087EN
<i>Осциллографы InfiniiVision 3000T серии X</i>	Техническое описание	5992-0140EN

## Дополнительная информация

Самая актуальная и полная информация о приборах и приложениях приведена на нашем сайте: [www.keysight.com/find/infiniivision](http://www.keysight.com/find/infiniivision).



[www.axiestandard.org](http://www.axiestandard.org)

AXIe представляет собой открытый стандарт, основанный на AdvancedTCA®, с расширениями для контрольно-измерительных приложений. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe. ATCA®, AdvancedTCA® и логотип ATCA являются зарегистрированными в США товарными знаками PCI Industrial Computer Manufacturers Group.



[www.lxistandard.org](http://www.lxistandard.org)

LXI представляет собой интерфейс на основе Ethernet, пришедший на смену интерфейсу GPIB. Он обеспечивает более быстрый обмен данными и позволяет использовать в измерительных приборах веб-технологии. Компания Keysight входит в число основателей консорциума LXI.



[www.pxisa.org](http://www.pxisa.org)

PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) – это формат модульного высокопроизводительного вычислительного и контрольно-измерительного оборудования, предназначенного для работы в жестких производственных условиях.



## Осциллографы Keysight Technologies

Различное конструктивное исполнение | Верхняя граница полосы пропускания от 20 МГц до 90 ГГц и выше  
| Лучшие в отрасли характеристики | Широкий выбор прикладного ПО

## От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight

Более 75 лет мы вкладываем весь наш опыт и знания, всю нашу энергию в разработку измерительных решений нового поколения. Уникальное сочетание передового контрольно-измерительного оборудования, программных решений и опыта наших сотрудников способствует рождению революционных технологий.

Мы разрабатываем измерительные технологии с 1939 года.



1939 г.

Будущее

### Российское отделение Keysight Technologies

115054, Москва, Космодамианская  
наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954

8 800 500 9286 (Звонок по России  
бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)

[www.keysight.ru](http://www.keysight.ru)

### Сервисный Центр Keysight Technologies в России

115054, Москва, Космодамианская  
наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)

myKeysight

#### myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)

Персонализированное представление интересующей вас информации.

#### Три года стандартной заводской гарантии

[www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty](http://www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty)

Компания Keysight обеспечивает высшее качество выпускаемой продукции и минимальные общие эксплуатационные расходы. Подтверждением этому является стандартная трёхлетняя гарантия на все предлагаемые приборы независимо от региона продажи.

#### Планы технической поддержки Keysight

[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)

До пяти лет поддержки без непредвиденных расходов гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

#### Keysight Infoline

[www.keysight.com/find/service](http://www.keysight.com/find/service)

Лучшая в своём классе система управления парком измерительных приборов от компании Keysight. Бесплатный доступ к отчётам о ремонте и калибровке вашего оборудования и к электронной библиотеке..

[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)

Система управления качеством Keysight Technologies, Inc. сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2008.

#### Торговые партнеры компании Keysight

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

Получите двойную выгоду: богатый опыт и широкий выбор продуктов Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

[www.keysight.com/find/scopes](http://www.keysight.com/find/scopes)

[www.keysight.com/find/infiniivision](http://www.keysight.com/find/infiniivision)



Keysight Infoline



**KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights

Технические характеристики и описания продуктов могут изменяться без предварительного уведомления.

© Keysight Technologies 2012–2015

Published in USA, October 13, 2015

5989-7885RURU

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)