

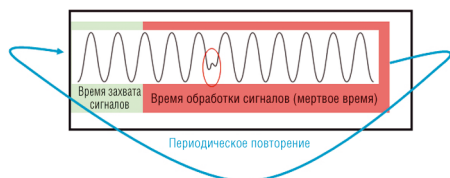
# ДОСТОВЕРНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИФРОВЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

## GAMBLING WITH DIGITAL OSCILLOSCOPES

Джозл Вудвард (Joel Woodward), компания Agilent Technologies

**И**нженеры любят определенность. Однако многие пользователи осциллографов регулярно рискуют сделать ошибку, даже не подозревая об этом. В то время как основными критериями выбора осциллографа являются полоса пропускания, частота дискретизации и объем памяти, другой не менее важной, но часто пренебрегаемой характеристикой, является частота обновления.

Большинство пользователей уделяют недостаточно внимания частоте обновления и ее влиянию на результат измерения. Многие инженеры считают, что если на шуп осциллографа подается сигнал, то осциллограф непрерывно измеряет и отображает исследуемый сигнал. Для цифровых осциллографов это совершенно не так. На самом деле все цифровые осциллографы ведут себя по-разному. Все они имеют регулярные интервалы «мертвого времени», во время которых входной сигнал не регистрируется.



**Рис. 1.** Все цифровые осциллографы не реагируют на изменения входного сигнала во время обработки данных между последовательными захватами. Если в период мертвого времени произойдет изменение сигнала, например, из-за импульсных помех, он останется незамеченным. Основным способом повышения вероятности захвата аномалий сигнала является уменьшение мертвого времени и увеличение числа захватов сигналов в заданный интервал времени.

Частота обновления является основным показателем того, сколько времени осциллограф остается «слепым» к изменениям входного сигнала. Осциллограф с высокой частотой обновления захватит больше редко происходящих событий, лучше покажет структура сигнала и быстрее среагирует на команды пользователя, чем осциллограф с низкой частотой обновления.

### ЧТО ТАКОЕ ЧАСТОТА ОБНОВЛЕНИЯ?

Частота обновления показывает, сколько раз в секунду осциллограф выполняет захват, обработку и отображение сигналов. Производители осциллографов указывают максималь-



**Agilent Technologies**

ную частоту обновления, выраженную в количестве сигналов в секунду. Цифровые осциллографы периодически заполняют свою буферную память фрагментами сигнала. После каждого захвата осциллограф должен обработать полученные данные, прежде чем переходить к захвату следующих. Время, уходящее на обработку захваченного сигнала, прежде чем осциллограф сможет подготовиться к следующему захвату, называется мертвым временем. Во время этой обработки осциллограф не реагирует на изменения входного сигнала.

В режиме периодического захвата несколько захваченных сигналов объединяются и выводятся на экран осциллографа с частотой развертки 60 Гц. Например, осциллограф, выполняющий 6000 захватов в секунду, объединяет каждые 100 захватов и выводит результирующее суммарное изображение на экран с каждым периодом развертки.

### ПОЧЕМУ ЧАСТОТА ОБНОВЛЕНИЯ ТАК ВАЖНА?

Случалось ли Вам замечать, что при использовании глубокой памяти или при включении функции декодирования последовательных данных, осциллограф начинает медленно реагировать на команды пользователя? Если да, то вы столкнулись с влиянием архитектуры осциллографа на производитель-

ботчиков или, что еще хуже, привести к выпуску на рынок несовершенного продукта.

### КАК ИЗМЕРИТЬ ЧАСТОТУ ОБНОВЛЕНИЯ?

Все производители осциллографов измеряют и публикуют наилучшие значения частоты обновления, которые могут быть, а могут и не быть значениями по умолчанию. Зачастую эти значения достигаются лишь в некоторых уникальных режимах, ограничивающих другие функциональные возможности осциллографа. Никогда не принимайте заявленную производителем частоту обновления за значение по умолчанию. Измерьте ее сами. Для развертки 100 нс и меньше хорошей частотой обновления будет 50000 сигналов в секунду, а плохой — 5000 сигналов в секунду и ниже.

На самом деле нет ничего трудного в том, чтобы быстро и объективно измерить частоту обновления осциллографа. Подайте на осциллограф сигнал, частота которого превышает заявленную частоту обновления примерно на два порядка (например, 50 МГц). Подключите выход синхросигнала осциллографа к частотомеру или другому осциллографу. Измерьте среднюю частоту выходного синхросигнала первого осциллографа. Это и есть частота обновления вашего осциллографа в выбранном режиме. Проверьте частоту обновления осциллографа при разных значениях настройки. Рекомендуем изменить такие параметры, как скорость развертки,

Таблица 1

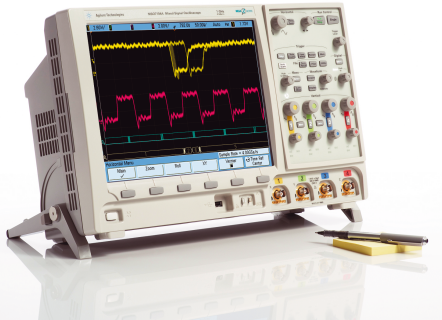
Аналоговые каналы	Цифровые каналы	Декодирование последовательных данных	Скорость развертки	Частота обновления осциллографа 1	Частота обновления осциллографа 2
ВКЛ			20 нс/дел	35000	95000
ВКЛ			10 нс/дел	2700	95000
ВКЛ	ВКЛ		20 нс/дел	125	95000
ВКЛ	ВКЛ	ВКЛ	20 нс/дел	0,2	95000

ность. Задержка в реакции осциллографа на действия оператора, конечно, раздражает, однако его архитектурное ограничение имеет и более серьезные последствия. Во время обработки сигнала и вывода его на экран осциллограф становится невосприимчивым к изменениям входного сигнала. Осциллографы с низкой частотой обновления могут пропускать критически важные события. Это может отрицательно сказаться на эффективности работы разра-

ботчиков и число каналов, а также аналоговый и цифровой режим работы (для осциллографов смешанных сигналов) и число каналов, выбранных для декодирования последовательных данных.

Частота обновления является относительным показателем, поэтому лучше сравнивать частоты обновления разных осциллографов в одинаковых условиях. Это можно сделать с помощью описанного выше объективного теста или на

основе субъективной оценки. Для субъективной оценки подключите осциллограф к источнику модулированного сигнала, видеосигнала, нестабильного сигнала или к некоторому сигналу, изменения которого происходят достаточно редко. Активируйте глубокую память, аналоговые и цифровые каналы. Как быстро обновляется сигнал? Не меняется ли форма аналогового сигнала по сравнению с режимом, когда включены только аналоговые каналы? Измените



**Рис. 2.** Осциллографы Agilent серии InfiniiVision 7000 обладают непревзойденной частотой обновления — до 100 000 сигналов в секунду — в сочетании с самым большим дисплеем размером 12,1 дюйма. Это позволяет регистрировать редко происходящие события и отображать мельчайшие подробности сигнала, которые другие осциллографы могут не заметить.

скорость развертки. Как быстро осциллограф установит новые параметры? Имейте в виду, что периодические сигналы, такие как синусоидальные, для субъективной оценки подходят мало.

### ЧТО ВЛИЯЕТ НА ЧАСТОТУ ОБНОВЛЕНИЯ?

Частота обновления не постоянна и меняется с изменением параметров настройки осциллографа. К основным факторам, влияющим на частоту обнов-

ления в осциллографе одного производителя может оставаться быстрой для самых разных настроек, осциллограф другого производителя может снизить частоту обновления в 100 или 1000 раз в результате изменения всего одного параметра, например, при активации большого объема памяти или декодирования последовательных данных.

В качестве примера приведем результаты изменения некоторых параметров и их влияние на частоту обновления (табл. 1). Не забывайте, чем ниже частота обновления, тем ниже точность измерений сигналов и выше вероятность потерь важных деталей сигнала.

### КАКОВА ВЕРОЯТНОСТЬ ЗАХВАТА РЕДКОГО СОБЫТИЯ ПРИ ЗАДАННОЙ ЧАСТОТЕ ОБНОВЛЕНИЯ?

Захват редких событий на осциллографе при заданной частоте обновления напоминает азартную игру, так как в обоих случаях события подчиняются законам теории вероятностей. Если бросить игральную кость один раз, вероятность выпадения шестерки равна 1/6. Если бросить кость несколько раз, то вероятность выпадения шестерки в любом из бросков возрастает с каждой попыткой. Вероятность выпадения шестерки в любом из N бросков определяется уравнением:

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

где: S — число сторон кости, N — число бросков.

После 1 броска, вероятность равна всего 1/6 или 17 %, тогда как после 10 бросков она возрастает до 84 %.

Вместо того чтобы бросать кость фиксированное число раз, представьте себе игру, в которой Вам дается 5 секунд, за которые Вы должны успеть выбросить шестерку. Естественно, для по-

сигнала в заданный период времени. Этот период времени определяется временем удержания подключенного осциллографического щупа к контрольной точке с исследуемым сигналом. Чем дольше подключен щуп, тем выше вероятность захвата редкого события. На практике типичным временем подключения щупа к контрольной точке можно считать 5 секунд, именно столько обычно держат щуп, чтобы увидеть, нет ли в сигнале неприемлемых аномалий.

Шансы захвата аномалии сигнала можно рассчитать с помощью теории вероятностей, опираясь на следующие данные:

- частота обновления для разных значений настройки,
- параметры, связанные с архитектурой осциллографа,
- частота появления аномалии.

Таблица 2

	Осциллограф 1	Осциллограф 2
Частота обновления	100 сигналов в секунду	100000 сигналов в секунду
Вероятность регистрации аномалии за 5 секунд	0,25 %	99 %

Вероятность захвата события цифровым осциллографом определяется уравнением:

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

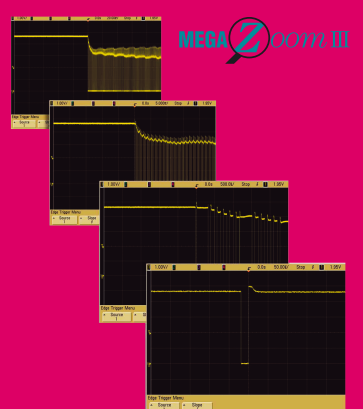
где: S=1 секунда/(временное окно дисплея × число событий в секунду), N = число полных захватов, выполненных осциллографом (частота обновления × время подключения щупа в секундах).

Используя это уравнение, можно определить вероятность захвата редкого события. Ниже приведено сравнение вероятности захвата события, происходящего 100 раз в секунду, для двух осциллографов. Вероятность обнаружения аномалий в обоих случаях сильно отличается (табл. 2).

Таким образом, выбирая осциллограф, в первую очередь обращайтесь внимание на частоту обновления. Частота обновления осциллографа непосредственно влияет на вероятность обнаружения редких событий и регистрации подробностей сигнала, а также на скорость реакции осциллографа на команды оператора. Высокая частота обновления сигналов позволяют получить превосходное качество исследуемого сигнала, ускоряя отладку и делая ее более эффективной. ☑

*Engineers like certainty. However, most oscilloscope users regularly incur measurement risk unknowingly. Bandwidth, sample rate and memory depth are key criteria for deciding which scope to purchase or use. This article is about an equally important and often overlooked oscilloscope characteristic — update rate.*

MegaZoom III — это третье поколение архитектуры быстрой глубокой памяти в цифровых осциллографах Agilent, впервые появившейся в 1996 году. В ней сочетаются быстродействующая глубокая память с высокой скоростью захвата информации и дисплей высокого разрешения, что позволяет обнаруживать редкие скрытые аномалии в сигнале. Глубокая память позволяет видеть длинные события с высокой частотой дискретизации. В результате можно наблюдать сложно-модулированные сигналы без ложных частот, растягивать и изучать подробно элементы таких сигналов с прекрасным разрешением. Технологией MegaZoom III оснащены осциллографы Agilent серий 5000, 6000, 7000, 8000.



ления, относится скорость развертки, число включенных каналов и глубина памяти. В цифровых осциллографах, между прочим, величина мертвого времени становится значительно больше времени захвата при высоких скоростях развертки.

Также на частоту обновления очень сильно влияет архитектура осциллографа. В то время как частота обновления

вышения вероятности выигрыша, Вы постараетесь бросить кость максимальное число раз.

Теорию вероятностей и стоящую за ней математическую статистику можно аналогичным образом применить к осциллографам, для которых критическую роль играет частота обновления. Число бросков в данном случае аналогично числу захватов и отображений