

ПОИСК СКРЫТЫХ АНОМАЛИЙ СИГНАЛОВ: ПОЧЕМУ ЧАСТОТА ОБНОВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ ОСЦИЛЛОГРАФА ИМЕЕТ ТАКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

FINDING HIDDEN PROBLEMS: WHY YOUR SCOPE'S UPDATE RATE MATTERS

Фил Стернс (Phil Stearns), Agilent Technologies

НЕИЗВЕСТНОСТЬ МОЖЕТ СОЗДАТЬ ПРОБЛЕМЫ!

Инженеры живут в боязни неизвестности. С любой проблемой или недостатком, если квалификация инженера достаточно высока, можно справиться — это уже дело техники. А вот цена проблем, которые не были видны или были упущены при отладке — таких краткосрочных аномалий как, например, глитч — все возрастает, т. к. они проявляются уже в последствии — при контроле качества, на производстве или даже у клиентов. Высокая частота обновления сигналов — характеристика, которую нередко упускают из виду — а это самый важный параметр, влияющий на способность вашего осциллографа обнаруживать такие аномалии.

ЧАСТОТА ОБНОВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ КАК ОДНА ИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЦИЛЛОГРАФА

Существующий пантеон основных характеристик осциллографов — тех, что производители этих приборов обычно наиболее активно рекламируют — включает полосу пропускания, частоту дискретизации, глубину памяти и цену. Однако частота обновления сигналов не менее важна, т. к. она отражает способность осциллографа захватывать нестационарные и повторяющиеся события. Неважно, какой объем данных захватывает осциллограф, или с какой скоростью он это делает, если на отображение данных он затрачивает непропорционально много времени по сравнению со временем, затрачиваемым на их захват. И скорость работы системы отображения данных не имеет значения, если система запуска осциллографа слишком медленно готовится к следующему циклу захвата данных.

Частота обновления сигналов настолько важна потому, что она может повлиять на всю методологию тестирования в целом. Рассмотрим упомянутый выше глитч. Если вы точно знаете, что в сигнале он присутствует, его можно легко обнаружить с использованием запуска по ширине импульса. Однако большинство проблем доставляют как раз глитчи, о существовании которых вы не догадываетесь. При тестировании новой печатной платы большинство инженеров тестируют сигналы, переходя от контакта к контакту. И осциллограф с высокой частотой обновления сигналов повышает шансы обнаружить глитч в ходе штатной про-



Agilent Technologies

верки, что увеличивает уверенность в качестве платы. Если вы не уверены в этом параметре вашего прибора, придется самые большие надежды возлагать на систему запуска прибора.

Еще одной сферой применения, требующей высокой частоты обновления сигналов, являются производственные испытания. Для многих тестов требуется многократный захват данных в одной и той же точке, чтобы повысить уверенность в результатах измерений. Большой объем выборки способствует лучшему определению параметров сигнала. Отличным примером является тестирование на соответствие заданной маске. Низкая частота обновления сигналов ведет к снижению скорости тестирования и меньшей уверенности в правильности результатов измерений.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЧАСТОТЫ ОБНОВЛЕНИЯ

Частота обновления — это динамическая характеристика, которая имеет отношение только к повторяющимся захватам данных, а не к захвату данных в однократном (Single shot) режиме. Она может изменяться в зависимости от установок времени развертки осциллографа, режимов работы прибора и его архитектуры.

Достижению высокой частоты обновления сигналов мешает «мертвое время» между циклами захвата данных. В течение этого времени осциллограф не способен отслеживать проявление событий. Существует несколько причин возникновения этого «мертвого времени». Самой важной является время, которое затрачивается на отображение данных из памяти осциллографа на экране. Некоторые осциллографы на аппаратном уровне обладают более высокой скоростью передачи данных между памятью и дисплеем, чем другие. Также

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ОБНОВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ

Если у вашего осциллографа есть функция внешней синхронизации, и он может осуществлять измерения частоты, как, например, осциллограф Agilent DS05054A (рис. 1), можно провести небольшой эксперимент. Соедините выход внешней синхронизации и вход канала 1 осциллографа с помощью 50-омного BNC-кабеля. Установите осциллограф в режим автозапуска. В этом случае частотомер будет измерять количество запусков в секунду, что является достаточно хорошим приближением к значению частоты обновления сигналов. Если осциллограф не обладает функцией внешней синхронизации, на его вход можно подать сигнал с высокочастотного генератора сигналов.

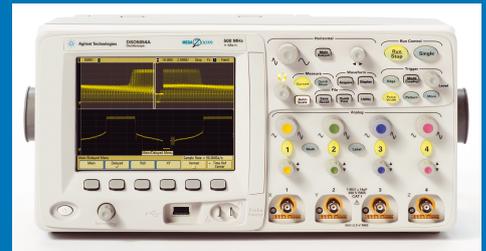


Рис. 1. Цифровой осциллограф Agilent DS05054A

Несмотря на то, что типичная частота обновления для экранов на основе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) и жидкокристаллических дисплеев составляет 60 Гц, вы все равно получаете пользу, имея частоту обновления порядка сотен тысяч сигналов в секунду. В этом случае отображаются все данные, причем каждая последующая выборка накладывается на уже отображенные с использованием алгоритмов «послесвечения», в которых применяются градации яркости или цвета, чтобы отразить частоту появления конкретного события. Это равнозначно взгляду сверху на гистограмму трасс.

влияет архитектура прибора. Некоторые приборы передают все данные из памяти на дисплей перед тем, как заполнить ее снова. Другим подходом является попеременная передача на экран данных, содержащихся в отдельных банках памяти. Третий подход заключается в создании очереди данных, ожидающих передачи на дисплей. Другими факторами, также влияющими на «мертвое время», являются объем обрабатываемой памяти и собственная задержка системы запуска.

Многие осциллографы обладают специальными режимами, позволяющими увеличить частоту обновления сиг-

налов. Как правило, это достигается за счет уменьшения глубины памяти или отключения большей части возможностей запуска. Как правило, использование этих режимов приводит к серьезному ограничению производительности прибора (например, снижению частоты дискретизации или невозможность реализации даже простейших режимов запуска), поэтому применять их следует с осторожностью.

РАБОЧИЙ ЦИКЛ

Понятия частоты обновления сигналов и «мертвого времени» легче наглядно представить в контексте рабочего цикла осциллографа. Для осциллографа рабочим циклом является процент времени, в течение которого прибор захватывает данные. Чем больше времени прибор занимается захватом данных, тем выше шанс обнаружения редких аномалий.

Если вам известна частота обновления сигналов осциллографом, рабочий

ду (скорость захвата), которое равняется величине частоты обновления, умноженной на количество точек в сигнале: $pts_{acquired}$ (точек в секунду) = частота обновления (сигналов в секунду) $\times N$ (точек на сигнал).

В свою очередь, количество точек в сигнале равно частоте дискретизации, умноженной на величину коэффициента развертки и на количество делений экрана:

$$N \text{ (точек на сигнал)} = \text{частота дискретизации (точек в секунду)} \times K_p \text{ (t/div)} \times N_s.$$

Рассмотрим пример.

Осциллограф имеет частоту дискретизации 4 Гвыб/с. Коэффициент развертки установлен на 2 мкс/дел. Измеренное значение частоты обновления составляет 19 300 сигналов в секунду.

Тогда количество точек в сигнале равно

$$N \text{ (точек на сигнал)} = 4 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 8 \cdot 10^4 = 80\,000 \text{ (точек на сигнал).}$$

Таблица

Коэффициент развертки, 1/дел.	Рабочий цикл, %		
	Осциллограф 1	Осциллограф 2	Осциллограф 3
1 нс	0,0744	0,0005	0,0002
2 нс	0,1488	0,0009	0,0003
5 нс	0,3000	0,0016	0,0009
10 нс	0,6000	0,0078	0,0017
20 нс	1,9000	0,0155	0,0032
50 нс	3,7900	0,0310	0,0065
100 нс	7,5800	0,0620	0,0130
200 нс	15,1600	0,0620	0,0260
500 нс	16,3500	0,1320	0,0600
1 мкс	32,7000	0,3100	0,1100
2 мкс	38,6000	0,6400	0,1800
5 мкс	38,2500	1,2800	0,3500
10 мкс	40,0000	3,2500	0,5000
20 мкс	80,0000	6,4000	0,6000
50 мкс	92,5000	13,0000	1,0000
100 мкс	93,5000	31,5000	1,0000

цикл очень легко вычислить. Начнем с более традиционного определения рабочего цикла:

$Duty\ Cycle = t_{acquisition} / (t_{acquisition} + t_{dead})$, где $Duty\ Cycle$ — рабочий цикл, $t_{acquisition}$ — время захвата, а t_{dead} — «мертвое время».

Так как осциллограф — это прибор, предназначенный для анализа сигналов во временной области, и который отражает сигнал в известном промежутке времени, это уравнение можно упростить:

$$Duty\ Cycle = pts_{acquired} / pts_{possible}$$

В данной формуле $pts_{possible}$ — максимально возможное число точек, которое может быть захвачено осциллографом в данном режиме, равное частоте дискретизации осциллографа; $pts_{acquired}$ — это число захваченных точек в секунду.

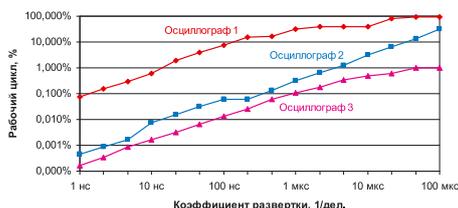


Рис. 2. Величина рабочего цикла для разных моделей осциллографов

Скорость захвата составляет: $19\,300 \times 80\,000 = 1,544 \cdot 10^9$ (точек в секунду).

А величина рабочего цикла равняется

$$Duty\ Cycle = 1,544 \cdot 10^9 / 4 \cdot 10^9 = 0,386 = 38,6\%$$

Следовательно, при этих установках осциллограф осуществляет захват сигнала в течение 38,6% общего времени.

ВЫВОДЫ ДЛЯ МЕТОДОЛОГИИ ОТЛАДКИ

В таблице и на рис. 2 показано, как рабочий цикл меняется у разных моделей осциллографов в зависимости от значения коэффициента развертки (параметра t/дел).

Приведенные данные позволяют отметить следующее.

1. У разных осциллографов значение рабочего цикла может колебаться в пределах $2^{1/2}$ порядков. При тестировании микропроцессора с частотой 10 МГц, который записывает в память дефектные данные каждый миллион циклов, осциллограф с рабочим циклом 30% отобразит эту аномалию около 3 раз в секунду. А осциллограф с рабо-

НАХОЖДЕНИЕ КОМПРОМИССА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ, КОТОРЫМ МОЖНО ДОВЕРЯТЬ

В данной статье рассматривается только один параметр: частота обновления сигналов. Однако эффективность осциллографа и ваша уверенность в результатах измерений определяется целым комплексом параметров: кроме частоты обновления сигналов, нужно учитывать еще глубину памяти и частоту дискретизации. При выборе осциллографа следует иметь в виду все эти три характеристики, а также то, как они помогут вам осуществлять измерения.



чим циклом 0,3% отобразит его лишь раз в 33 секунды.

Следствие: если у вашего осциллографа невысокая частота обновления сигналов, для поиска этих редких аномалий придется положиться исключительно на систему запуска. Обычного визуального просмотра сигнала будет недостаточно.

2. Рабочий цикл увеличивается по мере того, как развертка замедляется. Объем данных при каждом захвате растет быстрее, чем снижается частота обновления сигналов. Когда осциллограф переходит в режим самописца, рабочий цикл становится равным 100%.

Следствие: Уменьшение скорости развертки приводит к увеличению вероятности обнаружения аномалий сигнала во всех моделях осциллографов.

Описанные методы рассчитаны на редкие аномалии. Если вы ищете события, происходящие вообще однократно — лучшим решением будет, все же, аппаратный запуск. Однако, при исходном определении параметров и отладке системы высокая частота обновления сигналов способствует лучшему пониманию поведения системы. □

Typical oscilloscope's banner specifications include bandwidth, sample rate, memory depth, and price. However, update rate is equally important because it characterizes the oscilloscope's ability to capture both intermittent and repetitive events. A fast update rate is critical to oscilloscope's ability to display intermittent signal anomalies, like a glitch.