

Регистрация редких аномалий в высокочастотном сигнале с использованием режима синхронизации TriggerScan

Александр ДЕДЮХИН
prist@prist.ru

Современные цифровые осциллографы приобретают все больше дополнительных возможностей и функций, предназначенных для наблюдения формы сигнала, по сравнению со своими первыми аналоговыми «братьями». То, что современный осциллограф способен обеспечить более чем 100 автоматических измерений, множество математических функций, декодирование практически всех существующих на данный момент стандартных протоколов передачи данных, включая обнаружение ошибок в протоколах передачи данных, построение глазковых диаграмм и измерение джиттера сигнала, отображение, синхронизацию и анализ логических сигналов и многое другое, — все это уже стало обыденным для пользователя цифрового осциллографа. Увеличение полосы пропускания, частоты дискретизации (здесь надо признать бесспорное лидерство компании LeCroy), длины внутренней памяти и скорости сбора информации открывают новые возможности цифрового осциллографа, в частности, при отладке различных радиотехнических и электронных устройств.

Долгое время существовало убеждение, что для успешной отладки устройств или для поиска так называемых артефактов, или вырожденных участков сигнала, которые и приводят к сбою в системах, необходим цифровой осциллограф с как можно более высокой скоростью сбора информации. Считалось, что использование высокой скорости сбора информации и запуск по фронту сигнала в режиме накопления осциллограмм в течение некоторого небольшого промежутка времени позволяет обнаружить артефакты, и возможно визуально определить параметры этих сигналов. Далее, исходя из предварительного экспресс-анализа формы, амплитуды и временных параметров вырожденного сигнала необходимо настроить схему синхронизации таким образом, чтобы в ждущем режиме происходил запуск развертки именно по заданным параметрам сигнала, что приведет уже к практически 100%-ному захвату определенного типа аномалий, на которые настроена схема синхронизации. Современные цифровые осциллографы имеют достаточное количество как условных, так и безусловных видов синхронизации, позволяющих обнаруживать сигналы с отклонением по частоте, длительности, амплитуде, времени нарастания и пр. [1]. Но этот метод поиска артефактов имеет существенные ограничения, связанные со структурой исследуемого сигнала и собственно техническими возможностями

цифрового осциллографа, существующими сегодня.

Скорость захвата аномалий может быть рассчитана исходя из частоты исследуемого сигнала, скорости захвата осциллограмм и частоты появления аномалий в исходном сигнале:

$$A_{\text{захват}} = \min(\max F_{\text{экр}}, \max F_{\text{сиг}}) \times A / F_{\text{сиг}} \quad (1)$$

где $A_{\text{захват}}$ — количество захваченных аномалий в секунду; A — количество аномалий в секунду в сигнале; $F_{\text{сиг}}$ — частота сигнала; $F_{\text{экр}}$ — частота обновления экрана осциллографа.

Примечание. Выражение $\min(a, b)$ означает минимальное из значений «a» или «b».

Время, необходимое для захвата одного артефакта ($T_{\text{артеф}}$), и число захваченных артефактов за секунду — это обратные величины:

$$T_{\text{артеф}} = 1 / A_{\text{захват}} \quad (2)$$

Отсюда следует, что, если частота сигнала не превышает скорость захвата осциллограмм, то осциллограф при наиболее оптимальном использовании длинны внутренней памяти будет захватывать каждый единственный фронт сигнала и, соответственно, каждую аномалию. Когда частота сигнала превышает частоту обновления экрана, то осциллограф не сможет захватывать каждый фронт сигнала, и количество захватываемых прибором

аномалий за секунду будет равняться частоте появления аномалий, деленной на частоту сигнала и частоту обновления экрана осциллографа.

При традиционном методе, когда частота сигнала ниже, чем частота обновления экрана, этот метод работает отлично. Но при возрастании частоты сигнала и уменьшении частоты появления аномалий достоверность метода будет уменьшаться. Но по своей физической природе аномалии, артефакты, сбои, глитчи и пр. в реальных устройствах проявляются достаточно редко, поэтому скорее имеет смысл говорить о редких аномалиях, нежели о частых. В настоящее время многие производители осциллографов предлагают режимы работы своих приборов с очень большой скоростью обновления экрана — до 100 000 осциллограмм в секунду. Попробуем рассчитать время, необходимое для регистрации артефакта, который проявляется с частотой 1 раз в 5 секунд в сигнале с частотой 200 МГц.

$$T_{\text{артеф}} = (200 \times 10^6) / (100\,000 \times 0,2) = 10\,000 \text{ с} = 2,78 \text{ ч.}$$

Столь «впечатляющие» цифры говорят о том, что даже самый лучший по скорости захвата осциллограмм цифровой осциллограф оказывается не таким уж хорошим, если перед ним стоит задача регистрации

редких артефактов в достаточно высоко-частотном сигнале. Принимая во внимание, что частоты современных сигналов уже переходят за диапазон гигагерц, а реально появление сбоев в сигнале происходит гораздо реже, чем 1 раз в 5 секунд, то нетрудно рассчитать, что для регистрации таких артефактов уже понадобятся не единицы, а десятки часов, если использовать только режим быстрого сбора информации. Но справедливости ради следует отметить, что если какое-то устройство сбоят с частотой, близкой к 100 000 сбоев в секунду, то осциллограф с высокой скоростью сбора информации будет незаменимым инструментом для отладки такого устройства.

Однако режим быстрого сбора информации осциллографа и последующего накопления множественного числа осциллограмм в режиме бесконечного послесвечения имеет существенные ограничения, такие как:

- В этом режиме не работают цифровые методы коррекции АЧХ, что приводит к искажению формы сигнала на высоких частотах.
- В этом режиме осциллограф способен физически сохранить только одну осциллограмму — последнюю. И для предыдущих осциллограмм невозможно использовать ни режимы измерений, ни математическую обработку, ни сохранение сигнала. Другими словами, осциллографы в этом режиме предлагают пользователю только картинку сигнала и ничего больше.

Основной проблемой при синхронизации по фронту для поиска аномалий является тот факт, что каждый раз, когда осциллограф проводит запуск по фронту и захватывает сигнал, какое-то время тратится на обработку, и осциллограф не воспринимает сигнал в это время. Обычно это время называют временем простоя. Многие пользователи осциллографов часто удивляются, как на самом деле велико время простоя по отношению к полезному времени работы. Возвращаясь к примеру, в котором осциллограф почти 3 часа ловит аномалию, происходящую 1 раз в 5 секунд, укажем на причину этого явления: прибор видит только 0,2% полного сигнала; он простаивает 99,8% времени даже с режимом быстрого обновления экрана. Иначе говоря, осциллограф захватывает только каждый 500-й период входного сигнала.

Интеллектуальные системы синхронизации

Осциллографы с интеллектуальной системой синхронизации разрабатывались для улучшения описанной выше ситуации (2). При использовании настроек синхронизации, предлагаемых интеллектуальными системами, прибор отслеживает каждый фронт сигнала до тех пор, пока не случится событие, удовлетворяющее условиям интеллектуального запуска. Время простоя начинает

считаться, только когда происходит событие, отвечающее условию по интеллектуальному запуску, и срабатывает схема сбора информации осциллографа. Такой подход идеально подходит для поиска редких событий. Если интеллектуальная синхронизация настроена для поиска глитчей из предыдущего примера, то осциллограф будет синхронизироваться по каждому из них, не пропуская ни одного, и пользователь может наблюдать их на экране. При использовании интеллектуальной синхронизации захват аномалий будет определяться следующим выражением:

$$A_{\text{захват}} = \min(F_{\text{экр}}, A)/N, \quad (3)$$

где $A_{\text{захват}}$ — количество захваченных аномалий в секунду; A — количество аномалий в секунду в сигнале; N — количество настроек системы запуска.

Стоит обратить внимание на очень важный факт: эффективность TriggerScan не зависит от частоты входного сигнала по сравнению с уравнением (1). «Расплачивается» за это TriggerScan по сравнению с режимом интеллектуальной синхронизации количеством используемых в работе настроек запуска. Если, например, работают 100 настроек, TriggerScan будет иметь только 1% эффективности от использования только одной настройки интеллектуальной синхронизации. Это, на первый взгляд, выглядит большим ухудшением, но рассмотрим внимательнее полученный результат. TriggerScan уменьшает эффективность системы запуска, но зато автоматически настраивает параметры схемы запуска и также полностью автоматизирует дальнейший процесс. В нашем примере традиционный метод с режимом быстрого обновления экрана до 100 000 раз в секунду в среднем будет отлавливать аномалию 1 раз за 2,8 часа.

Используя одну заведомо известную настройку интеллектуальной синхронизации, пользователь будет наблюдать каждую аномалию, которая случается 1 раз в 5 секунд. Используя TriggerScan со 100 настройками, пользователь будет обнаруживать аномалию в среднем 1 раз каждые 500 секунд, или 8,33 минуты, то есть TriggerScan в 20 раз более эффективен, чем осциллограф с традиционным методом быстрого обновления экрана.

Представим графики, показывающие сравнение TriggerScan с режимом быстрого обновления экрана (рис. 1). Графики даны для трех разных частот следования сигналов: 10 МГц (выбрана потому, что в этой точке эффективность режима TriggerScan и режима быстрого обновления экрана равна), 200 МГц (частота следования, характерная для большинства приложений) и 500 МГц. Это показывает, что эффективность TriggerScan увеличивается по сравнению с традиционным режимом при увеличении частоты.

Графики построены при следующих условиях:

- Режим быстрого обновления экрана 100 000 осциллограмм в секунду (некоторые осциллографы имеют скорость до 4 раз быстрее этого).
 - 100 настроек запуска для TriggerScan (обычно используется меньше, но возможно использование и большего количества).
- Необходимо захватить возникающую 1 раз в секунду аномалию в сигнале с частотой 10, 200 и 500 МГц.
- Система TriggerScan:
 - 10 МГц: количество настроек TriggerScan — 100, время для захвата — 100 с;
 - 200 МГц: количество настроек TriggerScan — 100, время для захвата — 100 с;
 - 500 МГц: количество настроек TriggerScan — 100, время для захвата — 100 с.

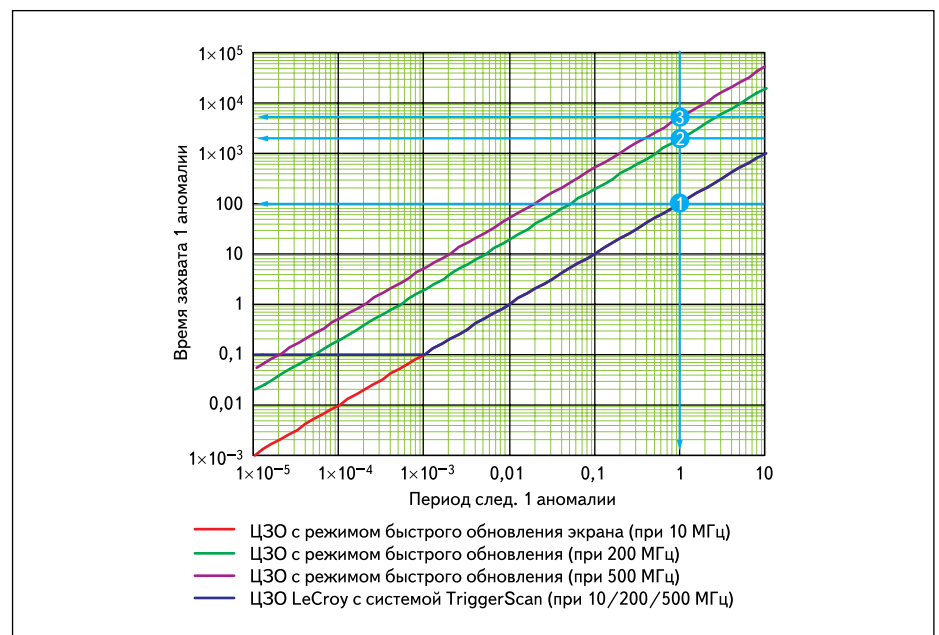


Рис. 1. Графики для сравнения TriggerScan с режимом быстрого обновления экрана

- Режим быстрого обновления экрана:
 - 200 МГц: скорость обновления 100 000 осциллограмм в секунду, время для захвата — 2000 с (в 20 раз дольше).
- Режим быстрого обновления экрана:
 - 500 МГц: скорость обновления 100 000 осциллограмм в секунду, время для захвата — 5000 с (в 50 раз дольше).

Сравнение графиков показывает, что если аномалии появляются все чаще, то режим TriggerScan достигает пика эффективности при периоде следования аномалий 1 раз в 100 мс, а режим быстрого отображения продолжает улучшать показатели и при более частых аномалиях. Но более важно для практики, что при увеличении частоты следования сигнала преимущества TriggerScan также возрастают. Режим быстрого отображения экрана работает лучше при часто повторяющихся событиях на низких частотах следования сигналов, а TriggerScan работает лучше на редких событиях и на больших частотах.

Пользователь осциллографа должен сам решить, что ему важнее — редкие или частые события и на малых или больших частотах, и в соответствии с этим выбрать режим быстрого обновления или TriggerScan в качестве нужного инструмента для его приложений.

Как уже отмечалось выше, технология TriggerScan в осциллографах LeCroy не является каким-то абсолютно новым режимом синхронизации, построенной на абсолютно новых программно-аппаратных решениях. Режим TriggerScan является дальнейшим совершенствованием схемы интеллектуальной синхронизации и алгоритмов ее функционирования. Этот режим представляет собой роботизированную систему по поочередному перебору уже существующих в осциллографе режимов синхронизации и заданных для них параметров синхронизации, что в совокупности позволяет достичь наилучшего результата при регистрации редких артефактов. В обычном состоянии интеллектуальная схема синхронизации осциллографа способна осуществлять запуск развертки только по одному настроенному режиму схемы синхронизации. Синхронизация при использовании режима TriggerScan осуществляется по принципу «от противного». Этот принцип означает, что структура исследуемого сигнала имеет набор неких параметров: амплитуда, период повторения, длительность и другие. Если входной сигнал соответствует этим параметрам, то он считается «хорошим», и фиксировать его не надо. Если же хоть один из параметров входного сигнала в какой-то промежуток времени не соответствует этим параметрам, то это означает, что появился артефакт, и его необходимо зарегистрировать. Схема синхронизации осциллографа должна быть настроена таким образом, чтобы игнорировать «правильные» параметры сигнала, но производить запуск развертки по всем «неправильным» пара-

метрам сигнала. Например, если такой параметр сигнала, как длительность, будет задан «не более 1 мкс», то параметр настройки схемы синхронизации от противного будет «более 1 мкс», и запуск развертки будет происходить при условии обнаружения сигнала с длительностью более 1 мкс.

Очевидно, что если бы режим TriggerScan опирался только на задаваемые пользователем параметры синхронизации, то время поиска артефактов снижалось, но вся полезность этого метода сводилась бы к нулю из-за огромных временных затрат на настройку различных параметров интеллектуальной схемы синхронизации. Во избежание этого, в осциллографах LeCroy, имеющих режим TriggerScan, предусмотрен автоматический режим экспресс-анализа формы и параметров сигнала, что позволяет автоматически определить набор настроек схемы синхронизации «от противного» за доли секунд. Этот процесс называется «обучение».

Режим обучения TriggerScan

В режиме обучения, для получения наиболее точного и полного набора данных о параметрах исследуемого сигнала, на экране осциллографа должно присутствовать не менее трех периодов сигнала или трех других его явно выраженных составных частей, например три импульса. Возможность измерения параметров сигнала не по какому-то одному периоду, а по всему массиву данных является уникальной особенностью осциллографов LeCroy [3], отсутствующей у других производителей цифровых осциллографов, и позволяет накопить статистику о структуре сигнала при анализе всего одной развертки сигнала, но, как уже отмечалось, содержащей не менее трех периодов сигнала. В процессе обучения, при анализе пяти основных параметров сигнала, создается таблица, по кото-

рой в дальнейшем и будет происходить перебор условий синхронизации.

К пяти параметрам относятся:

- Настройки синхронизации по фронту.
- Настройки синхронизации по ранту.
- Настройки синхронизации по длительности.
- Настройки синхронизации по интервалу.
- Настройки синхронизации по глитчу.

Пример отображения меню обучения приведен на рис. 2

Настройки синхронизации по фронту

В режиме обучения настроек синхронизации по фронту осциллограф проводит измерения и анализ максимального и минимального уровней сигнала. Это позволяет определить диапазон амплитуд сигнала. В последующем, при синхронизации по фронту, будут задаваться уровни синхронизации выше и ниже, чем измеренные в режиме обучения. Это позволяет регистрировать сигналы с уровнями выше, чем у сигнала при обучении, или наличие в сигнале аномальной постоянной составляющей. На этом этапе в таблицу условий добавляются два условия синхронизации, полярность запуска при этом игнорируется.

Настройки синхронизации по ранту

На этой стадии обучения происходит настройка на выявление сигналов с уровнем меньшим, чем в «нормальном» сигнале. Синхронизация по фронту позволяет фиксировать только сигналы с уровнем, превышающим заданное значение. Алгоритм синхронизации по ранту, наоборот, позволяет производить запуск развертки только по сигналам, имеющим меньший уровень, чем заданный. При синхронизации по ранту уже имеет значение полярность сигнала и его длительность. На этом этапе в таблицу условий добавляются еще шесть условий синхронизации.

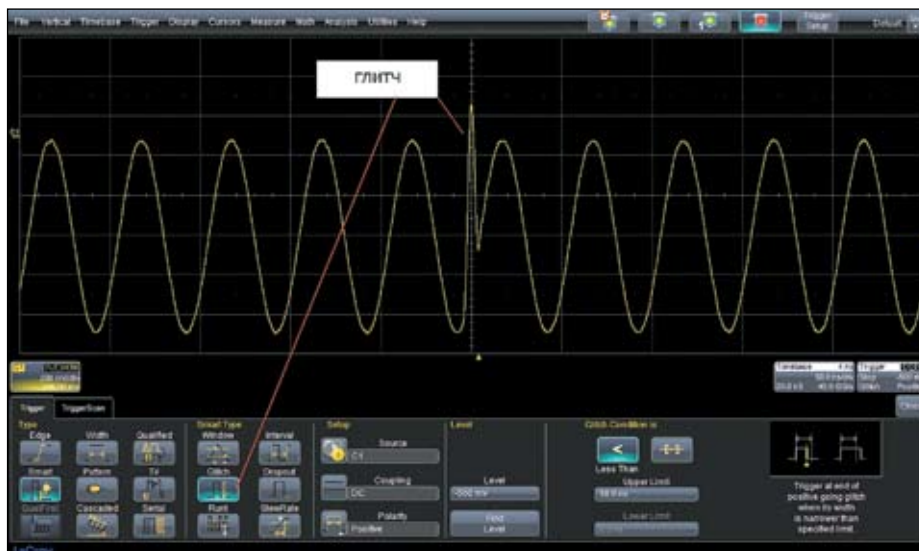


Рис. 2. Меню обучения режима TriggerScan

Настройки синхронизации по длительности

Эта стадия обучения является, пожалуй, самой важной, поскольку помимо измерения длительности сигнала (как положительного, так и отрицательного) этот шаг позволяет оценить форму сигнала. Очевидно, что при одинаковой частоте как прямоугольного, так и синусоидального сигнала измерение длительности на 50%-ном уровне даст один и тот же результат. Но измерение длительности на уровне, отличном от 50%-ного, для прямоугольного и синусоидального сигнала уже даст различные значения. Осциллографы LeCroy в режиме TriggerScan поочередно производят измерение длительности сигнала на уровне 25, 50 и 75% от амплитуды при положительной и отрицательной полярности сигнала. Такой алгоритм позволяет достаточно точно анализировать форму входного сигнала на предмет отклонений от заданной формы сигнала. На этом этапе в таблицу условий добавляются еще шесть условий синхронизации.

Настройки синхронизации по интервалу

Алгоритм обучения на этой стадии аналогичен обучению при измерении длительности: также производятся измерения интервала на уровнях 25, 50 и 75% от амплитуды при положительной и отрицательной полярности сигнала. По сути, интервал — это период повторения сигнала. При сложной форме сигнала, содержащей несколько явных периодических повторений в своей структуре, но не определяющих основной период сигнала, одних только измерений периода на уровне 50% может оказаться недостаточно. Это широко известно из практики использования универсальных частотомеров при изменении периодов сложных сигналов, когда частотомер ложно «захватывает» более высокие частоты, и результат оказывается недостоверным. Для увеличения достоверности измерений осциллографы LeCroy и используют алгоритм измерения периода на трех уровнях. На этом этапе в таблицу условий добавляются еще четыре условия синхронизации.

Настройки синхронизации по глитчу

Глитч — это кратковременная импульсная помеха, способная значительно осложнить отладку радиотехнических устройств. Поскольку этот вид помехи не присутствует в структуре исходного сигнала на момент обучения, то измерить его параметры и настроить систему запуска невозможно. Но возможно, основываясь на предыдущих результатах измерений длительности и временного интервала, предположить, сигналы с какими параметрами будут являться кратковременными помехами, и внести эти данные в таблицу. На этом этапе в таблицу условий добавляются еще четыре условия синхронизации по глитчу.

Дополнительно следует отметить, что обучение режима TriggerScan и последующий процесс регистрации аномалий могут проходить при разных положениях органов управления, например коэффициента развертки или коэффициента отклонения. Так, на рис. 2 видно, что обучение осциллографа происходит на коэффициенте развертки 5 нс, память при этом составляет 2 К. Но для увеличения длины памяти осциллографа, например, до 256 Мбайт, при поиске аномалий в исходном сигнале необходимо увеличивать значение коэффициента развертки. При этом режим TriggerScan полностью сохраняет свои функциональные способности, но появляются дополнительные возможности. Например, на очень длинных промежутках времени предзапуска или послезапуска можно наблюдать поведение объекта исследования до и после появления аномалий, а также сократить «мертвое время» осциллографа за счет применения длинной памяти. Использование режима послесвечения в этом случае даст полную засветку экрана без выделения каких-либо участков сигнала. Также есть возможность использовать другие инструменты поиска, измерений и анализа сигналов на длинной памяти, например, WaveScan, существенно расширяющие возможности цифрового осциллографа [4].

Редактирование таблицы условий синхронизации TriggerScan

Итак, после обучения в таблицу условий синхронизации включено 20 условий, которым не должен соответствовать исследуемый сигнал. Но интеллектуальная схема синхронизации содержит гораздо большее число типов синхронизации, чем пять основных, используемых при обучении: это синхронизация по параметрам окна, отложенная синхронизация, синхронизация по скорости нарастания, синхронизация по логическому шаблону, синхронизация по условиям качества, синхронизация по параметрам ТВ-сигнала, последовательная синхронизация по событиям в источниках синхронизации и другие. При наличии опций декодирования осциллограф способен синхронизироваться по параметрам таких протоколов передачи данных, как I²C, SCPI, UART, CANBus, FlexRay. А при подключении модуля логического анализатора MS-250 или MS-500 дополнительно возможна синхронизация по условиям логических шин.

Это, может быть, не основные режимы синхронизации при поиске различного рода артефактов, но было бы нелогично отказываться от этих дополнительных возможностей при решении частных задач. Для использования всех режимов синхронизации, доступных в осциллографах LeCroy, включая опциональные режимы, TriggerScan имеет возможность дополнения таблицы условий синхронизации любыми типами синхронизации и пользовательскими настройками условий синхро-

низации, заданными пользователем, но уже в ручном режиме. Добавить можно также дополнительные режимы и параметры синхронизации к тем типам запуска, которые участвовали при обучении.

Второй задачей редактирования является коррекция данных, полученных в режиме обучения. Вследствие малого объема статистических данных, отсутствия в обучающем сигнале некоторых полезных компонентов сигнала, воздействия шумов и пр. может сложиться ситуация, при которой будут регистрироваться случайные срабатывания схемы синхронизации. Для предотвращения таких событий TriggerScan имеет возможность оперативной коррекции уже записанных в таблицу данных или удаления строки данных из таблицы.

Таблицы условий синхронизации могут быть сохранены в файлах, аналогично процессу сохранения настроек органов управления осциллографа. Таким образом, пользователь может создавать набор библиотек настроек системы TriggerScan для оперативного использования уже существующего процесса обучения, хранения данных или обмена информацией с другими пользователями осциллографов LeCroy.

Функционирование режима TriggerScan

Немаловажным фактором роботизированной системы поочередного перебора условий синхронизации является время, в течение которого осциллограф будет находиться в режиме ожидания появления заданного условия синхронизации из таблицы условий. После истечения этого времени система перейдет к другому условию синхронизации и т. д. Это время устанавливается пользователем исходя из конкретных условий решения конкретной задачи и может варьироваться в пределах от 0,1 до 100 с. Пользователь может также выбрать действие при обнаружении события, соответствующего условиям синхронизации: остановить сбор информации или продолжить его дальше. При продолжении в режиме TriggerScan осциллограф полностью сохраняет все функции по сбору информации, измерению полученных осциллограмм, сохранению данных в различных форматах и т. д., что коренным образом отличается от накопления информации в режиме бесконечного послесвечения осциллографами, реализующими принцип быстрого захвата осциллограмм.

Еще одной особенностью режима синхронизации TriggerScan является то, что при установке сбора информации, в случае обнаружения аномалий, осциллограф автоматически раскрывает и детализирует меню синхронизации в отношении тех настроек, при которых был зафиксирован артефакт. Так, например, на рис. 3–5 представлены осциллограммы захвата артефакта, возникающего в синусоидальном сигнале, и ука-

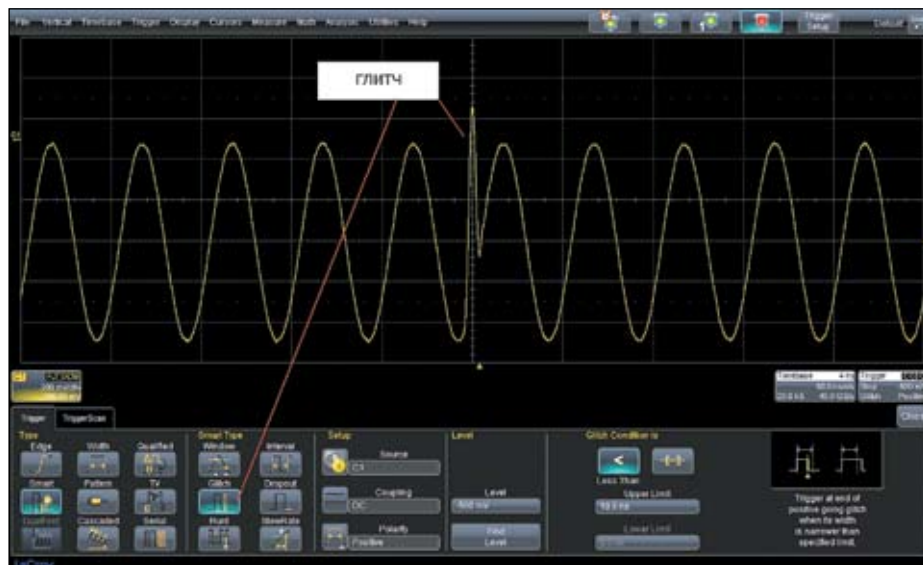


Рис. 3. Регистрация глитча

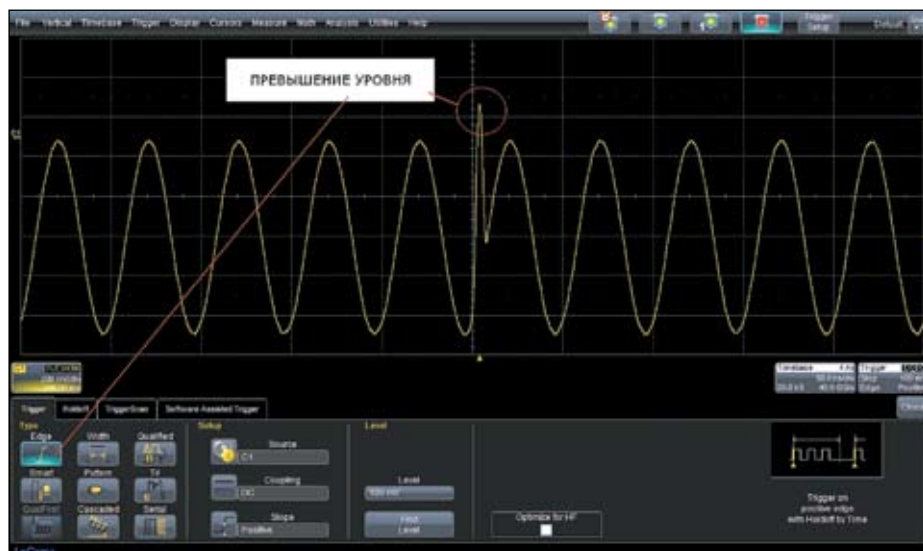


Рис. 4. Регистрация уровня, превышающего заданное значение

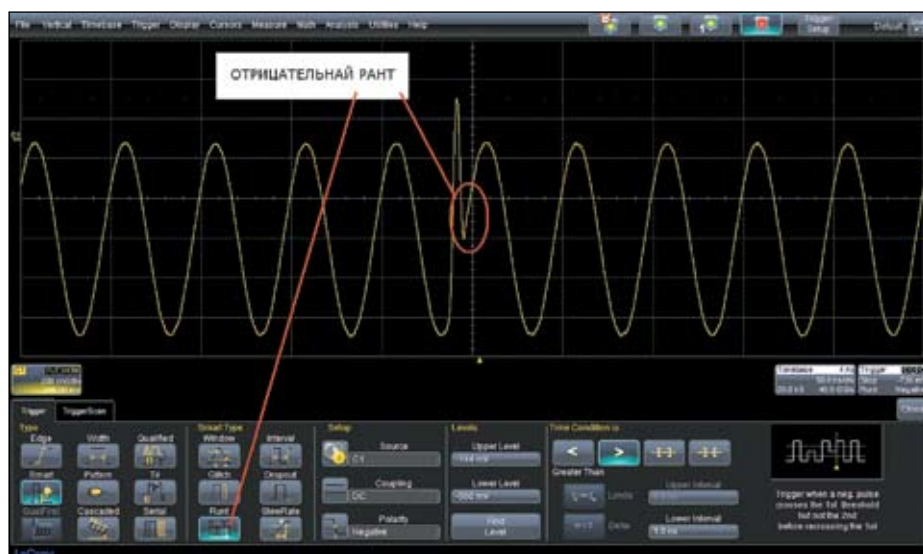


Рис. 5. Регистрация отрицательного ранта

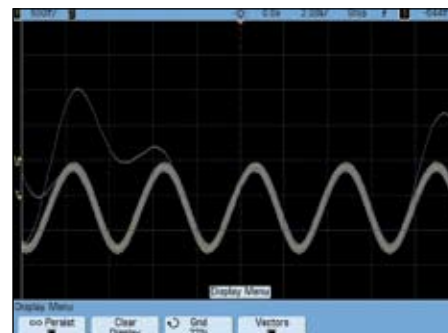


Рис. 6. Осциллограф со скоростью сбора 95 000 осциллограмм

заны условия (уровни, длительности и пр.), при которых эти артефакты были зарегистрированы.

Для практического примера сравнения возможностей различных цифровых осциллографов при захвате редких артефактов воспользуемся сигналом частотой 240 МГц, в котором 1 раз в секунду появляется всплеск. Один из осциллографов — это осциллограф, имеющий максимальную скорость сбора информации 95 000 осциллограмм в секунду (рис. 6). Второй — LeCroy WavePro 725Zi, имеющий режим синхронизации TriggerScan.

Для осциллографа, имеющего очень высокую скорость сбора информации, произведем установки органов управления таким образом, что отобразить пять периодов входного сигнала: это в пять раз повысит скорость сбора артефактов, по сравнению с отображением одного периода. Для более полного отображения возможностей осциллографа с быстрым сбором информации зафиксируем время сбора не одного артефакта, а трех. Это позволит накопить небольшую статистику о реальном времени захвата артефактов.

Информация о времени захвата:

- 1 сбой — через 6 мин 2 с (362 с);
- 2 сбой — через 8 мин 7 с (487 с);
- 3 сбой — через 12 мин 19 с (739 с).

Этот же сигнал подадим на осциллограф LeCroy, имеющий 20 предустановленных условий синхронизации, а время перехода от одного условия синхронизации к другому установлено 0,5 с. Время сбора информации составляет 739 с, как и у предыдущего осциллографа. Осциллограмма захвата артефактов в режиме послесвечения приведена на рис. 7. При этом для подсчета числа осциллограмм воспользуемся режимом записи захваченных осциллограмм на жесткий диск осциллографа с их последовательной нумерацией.

За время сбора 739 секунд осциллограф LeCroy зафиксировал и записал 120 осциллограмм, содержащих аномалии. И это в 40 раз больше, чем другой осциллограф. При этом еще раз отметим, что первый осциллограф, используя функцию послесвечения, дает «мертвую» картинку событий,

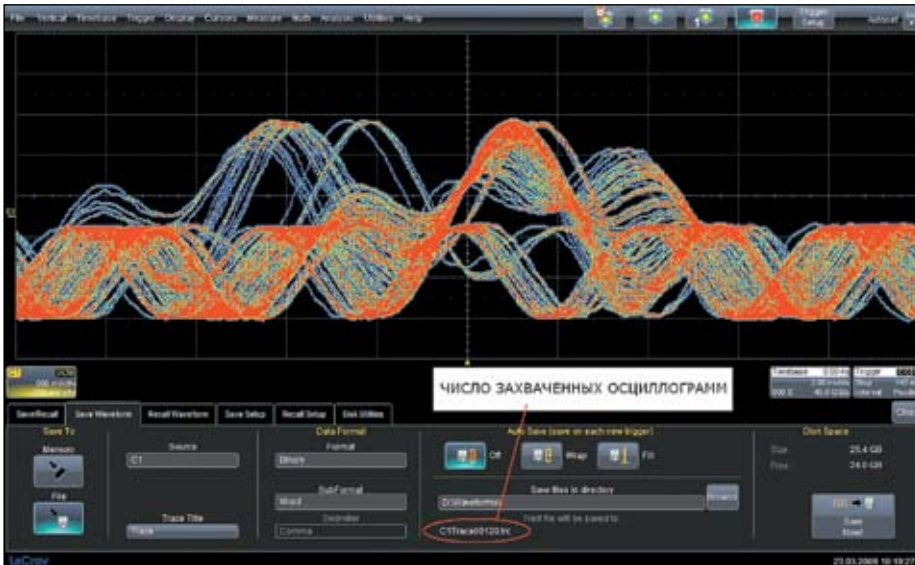


Рис. 7. Осциллограф LeCroy в режиме TriggerScan

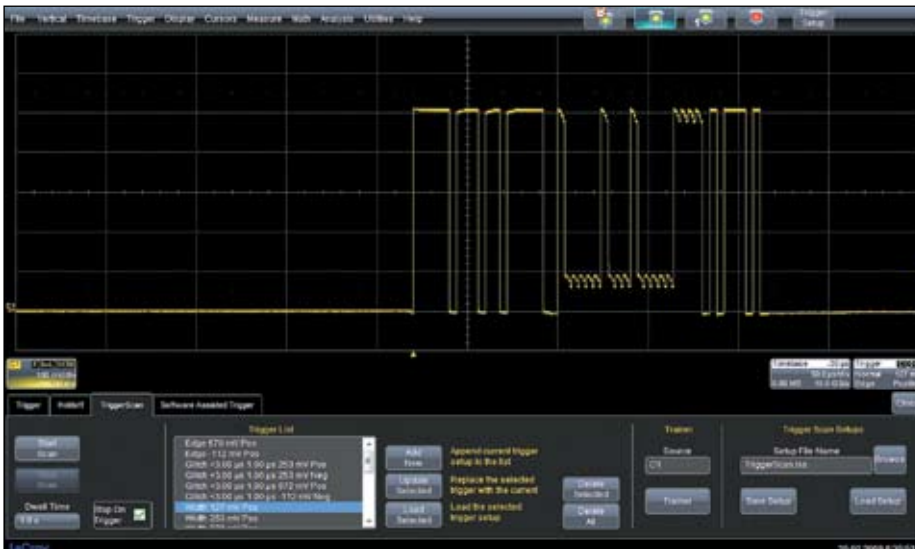


Рис. 8. Кадр сигнала FlexRay

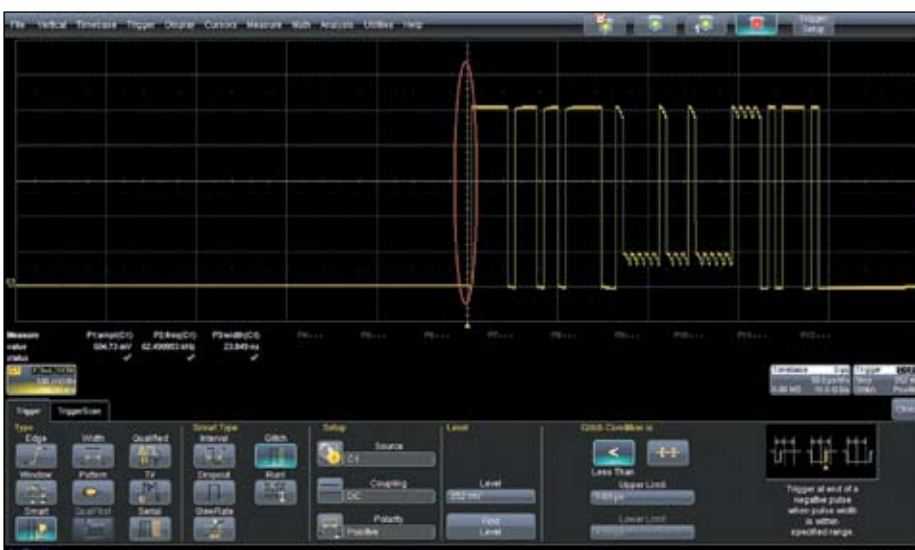


Рис. 9. Захват глитча в сигнале FlexRay

и отличить по полученной осциллограмме, какой собой был первым, какой вторым, а какой третьим — невозможно; воспользоваться автоматическими измерениями параметров тоже нельзя; сохранить отдельные артефакты невозможно и т. д. Осциллограф LeCroy сохранил все 120 артефактов в отдельных файлах с метками времени, когда они проявились. Воспроизводя эти файлы, можно осуществить все действия, на которые способен современный цифровой осциллограф при анализе и измерениях входного сигнала.

Современные цифровые сигналы имеют гораздо более сложную структуру сигнала, чем те, которые были представлены выше. Это может создать ложное представление о том, что осциллографы LeCroy в режиме TriggerScan способны анализировать на предмет аномалий только простые и несложные сигналы типа синусоидального или прямоугольного. Возможности режима TriggerScan гораздо шире. Для примера рассмотрим один из кадров сигнала FlexRay, имеющего в своей структуре импульсы разной длительности, формы и амплитуды (рис. 8). Произведем обучение по этому сигналу и перейдем в режим тестирования.

При появлении импульсной помехи (глитча) в сигнале осциллограф LeCroy четко фиксирует ее появление (рис. 9).

При появлении паразитного импульса, находящегося вне структуры кадра FlexRay, осциллограф LeCroy также четко фиксирует его появление (рис. 10).

Очевидно, что при анализе таких сложных сигналов, содержащих в своей структуре широкий диапазон длительностей и амплитуд исходного сигнала, метод быстрого сбора с накоплением послесвечения не даст никакого результата, поскольку на экране осциллографа будет получена сплошная засветка от множества осциллограмм, и все аномалии сигнала будут закрыты от пользователя хаотически изменяющимися предыдущими и последующими осциллограммами.

Режим TriggerScan в настоящий момент присутствует у цифровых осциллографов LeCroy серии WaveRunner Xi-A/MXi-A, осциллографов серий WavePro 7 Zi и WaveMaster 8 Zi.

Выводы

На данный момент режим TriggerScan, используемый в осциллографах LeCroy, является наиболее совершенным инструментом регистрации редких артефактов в высокочастотных сигналах.

В отличие от других инструментов поиска аномалий только режим TriggerScan позволяет полностью сохранить все возможности цифрового осциллографа по сбору, анализу и измерению полученных данных, включая сбор информации на больших объемах внутренней памяти.

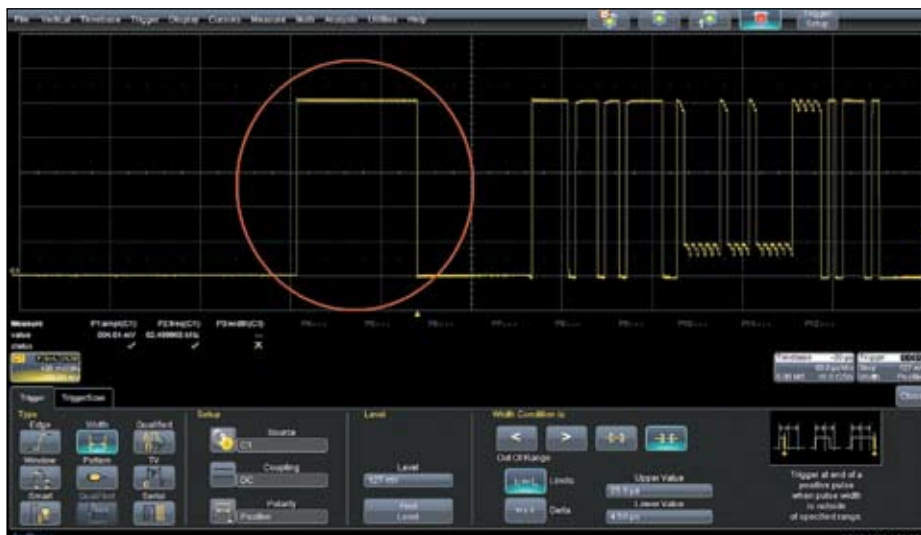


Рис. 10. Захват паразитного импульса в сигнале FlexRay

Существует множество приложений, в которых для поиска аномалий нет никаких других способов, кроме как TriggerScan. ■

Литература

1. Технология TriggerScan для эффективного обнаружения аномалий. <http://www.prist.ru/info.php/articles/triggerscan.htm>
2. Использование специальных режимов схемы синхронизации и развертки цифровых запоминающих осциллографов для регистрации сложных сигналов. http://www.prist.ru/info.php/articles/special_modes_DSO.htm
3. Измерения в цифровых осциллографах и обработка результатов измерения. http://www.prist.ru/info.php/articles/dso_measurement.htm
4. Поиск аномалий и анализ сигналов в осциллографах LeCroy с помощью функции WaveScan. http://www.prist.ru/info.php/articles/lecroy_wavescan.htm