

ПОКАДРОВЫЙ РЕГИСТРАТОР СИГНАЛОВ В ОСЦИЛЛОГРАФАХ RIGOL

FRAME BY FRAME SIGNAL RECORDER IN RIGOL OSCILLOSCOPES

Гуськов А.А. (A. Guskov), сертифицированный специалист по продукции RIGOL

Начиная с декабря 2013 года в журнале КИПиС постоянно публикуются обзоры и новинки, посвященные продукции одного из ведущих производителей измерительного оборудования в мире — компании RIGOL Technologies, Inc.

За прошедшее время в нашем журнале были опубликованы статьи по цифровым осциллографам, универсальным генераторам сигналов, радиочастотным и векторным генераторам, источникам питания, анализаторам спектра и многоканальной измерительной системе M300. Последний такой обзор «Современные осциллографы RIGOL» был опубликован уже в этом году в журнале КИПиС 2017 № 1.

За последнее время количество пользователей и почитателей измерительных приборов Rigol неуклонно и стремительно росло и у них постоянно возникают вопросы о возможностях того или иного режима измерительного прибора. Данная статья позволяет разобраться с работой одного из режимов — покадрового регистратора. Данный режим реализован в том или ином виде во всех сериях цифровых осциллографов Rigol, где применяется инновационная технология Ultra Vision.

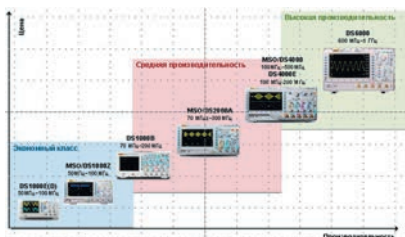


Рис. 1. Модельный ряд цифровых осциллографов Rigol 2016-2017 гг.

Рассматривая текущий модельный ряд осциллографов Rigol (рис. 1), следует отметить, что покадровый регистратор, в том виде, как мы его будем описывать, есть во всех сериях осциллографов, кроме «старых» серий DS1000E(D) и DS1000B. Правда для самой младшей серии таких осциллографов MSO/DS1000Z покадровый регистратор активируется при приобретении дополнительной опции REC-DS1000Z.

Работа покадрового регистратора будет рассмотрена на примере цифрового осциллографа серии MSO/DS2000A. Регистратор сигналов, реализованный в осциллографах Rigol, позволяет не только записывать и воспроизводить записанный сигнал, но и проводить его анализ. Для демонстрации возможностей покадрового регистратора сигналов подключим демонстрационную плату и установим на ней режим генерации последовательности импульсов с появлением аномалий по ампли-



Рис. 2. Цифровой осциллограф серии MSO/DS2000A с подключенной демонстрационной платой

туде и длительности, а также с изменяющимся периодом следования (рис. 2). Полноценный вход в режим регистратора производится через меню прибора нажатием кнопки «Utility» (рис. 3), расположенной на передней панели осциллографа с последующим нажатием функциональной кнопки меню «Record».

Для активации режима регистратора необходимо выбрать один из четырех вариантов работы регистратора:

- Record — Запись;
- Play back — Воспроизведение (активен, если уже есть записанный регистратором сигнал);
- Open — Непрерывная запись;
- Analyze — Анализ сигнала (активен, если уже есть записанный регистратором сигнал).



Рис. 3. Органы управления регистратором осциллографа Rigol серии MSO/DS2000A

пающий от текущего включенного канала до тех пор, пока количество записанных кадров не достигнет заданного пользователем.

Однако следует заметить, что максимальное количество кадров, которое может быть записано напрямую, зависит от установленной глубины записи. Связь здесь прямая: чем больше количество точек в каждом записанном кадре, тем меньше количество кадров, которое может быть записано.



Рис. 4. Вид экрана при активации покадрового регистратора

Так для осциллографов Rigol серии MSO/DS2000A максимальное количество кадров, которое может быть записано регистратором составляет 65000 кадров, для серии DS4000E — 127000 кадров, для серий MSO/DS4000 и DS6000 — 200000 кадров и, как уже было сказано выше, для «младшей» серии MSO/DS1000Z покадровый регистратор является дополнительной опцией при активации которой осциллограф данной серии может записывать также до 65000 кадров, как и прибор серии MSO/DS2000A.

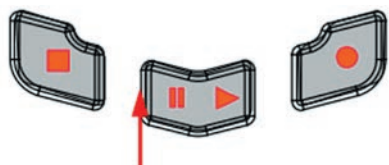
Для того, чтобы не возникала ситуация

Оригинальная, инновационная технология UltraVision, разработанная в компании RIGOL, сочетает в себе удобную навигацию по захваченному сигналу, большую длину записи осциллограммы (до 140 миллионов точек), широкий динамический диапазон, превосходную скорость захвата осциллограмм (до 180 тысяч осциллограмм в секунду). В реализованной технологии регистрация сигнала в реальном времени объединена с расширенными возможностями по его анализу и декодированию сигналов шин, при этом отображение сигнала выполняется с изменяемой яркостью (до 256 градаций), в зависимости от интенсивности сигнала. Использование этой технологии особенно удобно в цифровом дизайне и диагностике цифровых и аналоговых устройств.

(а она возникает постоянно!), при которой пользователь, включив регистратор, видит на экране, что ему доступно вместо заявленных 65000 кадров всего 7 кадров, производитель рекомендует устанавливать глубину записи осциллографа в состояние «Auto». В этом случае пользователю будет доступно максимальное количество кадров для записи регистратором.

В таблице 1 приведено соответствие максимального количества кадров и глубины записи для рассматриваемой нами серии осциллографов Rigol MSO/DS2000A.

Кроме глубины записи напрямую на максимальное количество кадров влияет и выбранный коэффициент горизонтальной развертки, чем его значение меньше, тем количество кадров, которое может быть записано регистратором больше. Но это все равно связано с особенностями построения памяти осциллографа. Поэтому не следует удивляться, что на коротких развертках (от 1 нс/дел) можно записать до 65000 кадров, а на более длинных развертках (например, 100 нс/



Остановка Воспроизведение/Пауза Запись

Рис. 5. Кнопки режима записи и воспроизведения (дел) уже только 32512 кадров и т.д.

При этом максимальное количество точек записи всегда отображается в экранном меню, как элемент «Total Frame». Это значение не доступно для изменения пользователем, т.к. в меню это значение является просто информационным.

При включенной функции записи пользователю доступно задание двух параметров: максимальный кадр для текущей записи и интервала между записываемыми кадрами.

Значение максимального кадра может не совпадать с максимальным количеством кадров для записи. Например, на скриншоте, представленном на рисунке 6 максимальный кадр для текущей записи задан пользователем, как 10314-ый при максимальном возможном количестве кадров регистратора при текущих заданных параметрах памяти и развертки — 32512 кадров. Т.е. как только регистратор записывает 10314-ый кадр запись сигнала останавливается, и прибор ждет дальнейших действий пользователя.

Таблица 1

СООТВЕТСТВИЕ МАКСИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА КАДРОВ РЕГИСТРАТОРА И ГЛУБИНЫ ЗАПИСИ ДЛЯ ОСЦИЛЛОГРАФОВ RIGOL MSO/DS2000A

| Глубина записи | Максимальное количество кадров записи регистратором |
|-----------------------|---|
| Auto (автоматический) | 65000 |
| 14 К точек | 8128 |
| 140 К точек | 508 |
| 1,4 М точек | 63 |
| 14 М точек | 7 |
| 56 М точек | 2 |

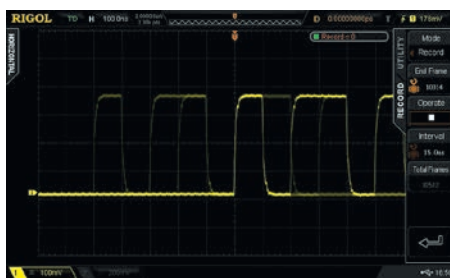


Рис. 6. Экран осциллографа с пользовательским меню при включенной функции записи

Временной интервал между записями может быть задан от 100 нс до 10 с, но при выборе данного значения следует соблюдать определенный компромисс: чем меньше интервал между кадрами, тем короче сигнал может быть записан и меньше вероятность пропуска аномалии. И наоборот, чем больше интервал между кадрами, тем длиннее сигнал может быть зарегистрирован, но и существенно больше вероятность пропуска аномалии или информационного события.

Здесь следует указать и еще на один важный фактор, о котором мы уже упоминали выше — каким образом задавать числовые значения. Стандартным способом является задание нужного значения ручкой поворотного регулятора. Но для изменения, например интервала записи от наносекунд до микросекунд, миллисекунд, не говоря уже о секундах, крутить ручку придется не просто долго, а очень долго. Это крайне неудобно. Поэтому разработчики компании Rigol предусмотрели и эту возможную проблему. Устанавливать параметры и интервал между кадрами, и максимальный кадр лучше и удобнее при помощи навигационного регулятора. Ручка навигационного регулятора состоит из двух колец: внешнего и внутреннего. Грубую, т.е. быструю установку нужного значения лучше выполнять поворотом внешнего кольца, ну а точную установку нужного значения либо при помощи внутреннего кольца, либо при помощи поворотного регулятора.

Начало, остановка или приостановка записи производится по нажатию функциональной кнопки, соответствующей элементу экранного меню, а также кнопками режима записи и воспроизведения (рис. 5), расположенными под навигационным регулятором. В момент записи индикатор, расположенный в соответствующей кнопке, будет мигать красным цветом, а по окончании записи он погаснет и загорится индикатор оранжевого цвета на кнопке, соответствующей остановке записи.

Кроме функции обычной записи в регистраторе, реализованном в осциллографах Rigol, имеется еще и функция непрерывной записи. При включении функции непрерывной записи (элемент меню «Open» на рис. 4) осциллограф производит непрерывную запись сигнала по всей глубине памяти и установка конечного кадра в этой функции не предусмотрена. Запуск и остановка функции непрерывной записи осуществляется кнопкой «Run/Stop».

После остановки записи сигнал можно воспроизвести и выполнить его анализ (эти функции будут описаны далее).

Сигнал, записанный регистратором в режиме записи и непрерывной записи, естественно, можно воспроизвести для визуального просмотра. Для этих целей необходимо выбрать элемент меню «Play back» (рис. 4).

При выборе функции воспроизведения пользователь может задать ряд параметров.

1. Способ воспроизведения: циклическое или однократное воспроизведение. При циклическом способе по достижению конечного кадра регистратор не останавливает воспроизведение, а продолжает его повторно с начального кадра, пока пользователь вручную не остановит воспроизведение. При однократном воспроизведении регистратор автоматически останавливает воспроизведение записанного сигнала по достижении конечного кадра.

2. Начальный кадр при воспроизведении. Задается только поворотным регулятором. По умолчанию устанавливается равным 1, а максимальное значение равно количеству записанных кадров.

3. Конечный кадр при воспроизведении. Задается, как и значение начального кадра, только поворотным регулятором. По умолчанию устанавливается равным максимальному количеству записанных кадров.

4. Текущий кадр. Может задаваться, как поворотным регулятором, так и навигационным регулятором. По умолчанию устанавливается равным значению конечного кадра.

Фактически выбор текущего кадра означает просмотр записанного сигнала не в автоматическом, а в ручном режиме, что иногда очень удобно для визуального анализа сигнала в ручном режиме (рис. 7).



Рис. 7. Экран осциллографа при включенной функции воспроизведения

5. Временной интервал между кадрами при воспроизведении. Также может задаваться как поворотным регулятором, так и навигационным регулятором, и диапазон установки может быть задан от 100 нс до 10 с. Обращаем внимание, что значение временного интервала при воспроизведении сигнала и временного интервала при записи сигнала могут отличаться. Это позволяет либо замедлить автоматическое воспроизведение с целью уменьшить вероятность пропуска аномалии при визуальном анализе (удобно, если записанный сигнал содержит не очень много кадров), либо ускорить визу-

альный просмотр (если аномалия имеет относительно большую длительность).

6. Текущее действие в режиме воспроизведения. В процессе воспроизведения записанного сигнала пользователь может выбрать запуск воспроизведения, остановку воспроизведения (повторное воспроизведение начнется с начального кадра), временно приостановить воспроизведение и запустить воспроизведение с текущего кадра. Все эти действия в режиме воспроизведения могут задаваться как с соответствующего элемента меню («Operate»), так и при помощи кнопок режима записи и воспроизведения (рис. 5).

Хотя есть ещё одна маленькая хитрость при воспроизведении сигнала: нажатием кнопки «Run/Stop» можно переключать операции воспроизведения и приостановки воспроизведения, а с каждым нажатием кнопки «Single» можно продвинуться в просмотре на один кадр вперед и значение текущего кадра также увеличится на один.

Текущий кадр и выбранное действие отображается не только в самом интерфейсном меню, но и в верхнем правом углу экрана.



Рис. 8. Иллюстрация отображения перехода на следующую страницу пользовательского меню

На рис. 7 показано приостановленное воспроизведение записанного сигнала с найденной в режиме ручного визуального просмотра аномалией на кадре с номером 3738.

Кроме отображения указанных выше операций и текущего кадра пользователь может активировать и индикацию временных параметров. Для этого нужно перейти на следующую страницу пользовательского меню. Переход на следующую страницу производится нажатием кнопки голубого цвета, расположенных под функциональными кнопками. Индикатором наличия возможности такого перехода служат мигающие стрелки на экране осциллографа в нижнем правом углу дисплея (рис. 8).

7. Временные метки. При активации отображения временных меток в правом углу экрана вместе с информацией об операции и номером текущего кадра будут отображаться два временных параметра (рис. 9): T_0 — абсолютное время начала записи в формате «час-минута-секунда-месяц-число», ΔT — сколько прошло времени между первым кадром записи и текущим кадром. Соответственно, в режиме воспроизведения параметр ΔT будет изменяться в процессе проигрывания.

И, наконец, четвертым режимом, реализованным в покادرном регистраторе



Рис. 9. Отображение временных параметров

осциллографов Rigol, и, пожалуй, самой интересной функцией является возможность анализировать записанный сигнал (элемент меню «Analyze»). При включении этого режима экран осциллографа будет поделен на две области (рис. 10).

В верхней половине экрана будет отображаться текущий кадр (при первом включении текущий и первый кадр совпадают). В нижней половине текущий кадр будет отображаться уже на записанном сигнале, здесь же будет отображаться выбранный шаблон для анализа, а также результат анализа записанного сигнала.

Цифровые осциллографы Rigol, построенные на технологии UltraVision, позволяют проводить анализ сигналов по двум условиям: на основе шаблона-траектории и по маске.

В случае выбора условия анализа по шаблону (Trace) осциллограф будет сравнивать с заданным пользователем шаблоном каждый кадр и, согласно установленному порогу, делать вывод о наличии ошибки в кадре.

Если пользователь выбирает в качестве условия анализ по маске, то осциллограф проводит сравнение с заданной маской в режиме Pass/Fail (Годен/Не годен).

В качестве источника сигнала может быть выбран только активный канал. Соответственно, для двухканальных осциллографов серии MSO/DS2000 это выбор между каналами CH1 и CH2.

Далее подробнее рассмотрим работу регистратора осциллографа при выборе условия анализа по маске.

В качестве шаблона для анализа сигнала можно установить как любой текущий кадр (Current Frame), так и усредненное значение всех кадров (Average).

Для удобства визуализации процесса шаблон также можно отобразить на экране вместе с текущим кадром как в верхней, так и в нижней половине окна анализа. Отображение шаблона активируется на второй странице пользовательского меню.



Рис. 10. Первоначальный вид экрана при включении функции анализа сигнала

Отображаемая форма шаблона имеет другой цвет и меньшую интенсивность по отношению к основному сигналу. На рис. 11 проиллюстрирована ситуация, когда в качестве шаблона используется первый кадр, а текущим кадром является третий.

На рис. 11 основной сигнал отображен желтым цветом, а выбранная форма шаблона — бледно-зеленым цветом.

Кроме активации отображения шаблона на второй странице интерфейсного меню можно активировать и отображение на экране временных меток T_0 и ΔT , аналогичных приведенным на рис. 9, а также задать необходимые настройки анализа. К ним относятся:

- начальная точка экрана; может быть установлена от 5 до 685, но ее значение обязательно должна быть меньше, чем расчетное значение «конечная точка экрана - 10»;
- конечная точка экрана; устанавливается в диапазоне от 15 до 695 при условии, что ее значение не меньше, чем «начальная точка экрана + 10»;



Рис. 11. Установка первого кадра в качестве шаблона при анализе сигналов

- начальный кадр; по умолчанию начальным кадром является первый кадр;
- конечный кадр; по умолчанию конечным кадром является последний кадр;
- настраиваемое пороговое значение; именно по этому условию и будет проводиться сравнение между кадрами и шаблоном, и в дальнейшем делаться вывод по наличию или отсутствию в кадре ошибки или аномалии; диапазон настройки порогового значения при анализе сигналов может быть установлен от 1% до 99%.

После того, как все настройки и установки были сделаны, нажатием функциональной кнопки «Start» запускается сам процесс анализа сигналов. В зависимости от количества выбранных кадров для анализа, данная процедура может длиться от нескольких секунд до нескольких минут.

В процессе анализа на экране отображается полоса с движком, по положению которого можно судить о скорости обработки информации во время проведения процедуры анализа, количестве уже обработанных кадров и общем количестве кадров. После запуска параметры анализа менять уже нельзя, но саму процедуру анализа можно остановить.

После завершения анализа на экране отображаются результаты (рис. 12), а текущий кадр переходит на место первого кадра, в котором возникла ошибка. В нашем случае это третий кадр.

Используя интерфейсное меню, можно перейти к следующему или предыдущему кадру с ошибкой, а при помощи навигационного регулятора выбрать любой текущий кадр для визуального анализа.

Какие же результаты доступны пользователю по завершению процедуры анализа сигнала? Рассмотрим это поподробнее на увеличенном фрагменте (рис. 13).

Кроме тех параметров, что были заданы перед началом анализа, а именно: начального (Start Frame=1) и конечного кадра (End Frame=32512), настраиваемого порога ошибки (Error Threshold=10%), на экране отображаются следующие данные:

- количество кадров, в котором возникла ошибка (Error Frames = 26339);
- текущий кадр с ошибкой (Current Error = 1); несмотря на то, что у нас текущим установлен третий кадр, но именно он и является первым кадром с ошибкой;
- отличие текущего кадра от шаблона или маски (CurFrame Diff = 53%).



Рис. 12. Результат анализа покадрового регистратора

Здесь следует немного пояснить различие между анализом по шаблону-траектории (Trace) и по маске (Pass/Fail). В нашем случае, т.е. при анализе по шаблону, осциллограф сравнивает каждый кадр с шаблоном, а по результатам сравнения проводит нормализацию этих различий для каждого кадра. Наличие ошибки или аномалии производится путем сравнения с установленным пороговым значением ошибки. Кроме числового значения различия кадра и шаблона эти отличия отображаются и на цветовой шкале в нижней части экрана. Соответствие ошибки в процентах и цвета на этой шкале приведены справа от числовых результатов анализа. Например, на рис. 13 видно, что отсутствие ошибки (0%) соответствует синему цвету, а ошибка 53% для текущего третьего кадра отображается зеленым цветом.

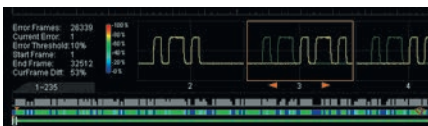


Рис. 13. Увеличенный фрагмент отображения результатов анализа

В случае проведения анализа на основе маски «Годен/Не годен» (Pass/Fail) осциллограф сравнивает каждый кадр с параметрами маски. Если величина различия больше или равна установленному значению порога, то регистратор считает, что в данном кадре есть ошибка и вне зависимости от величины этого



Рис. 14. Иллюстрация найденной аномалии

отличия оно устанавливает равным 100%. Если значение ошибки меньше порогового, то регистратор считает, что ошибки нет и отличие устанавливается равным 0%. Т.е. иных значений отличия, кроме как 100% и 0% в режиме анализа по маске не предусмотрено.

Но на этой цветовой шкале одновременно отображается не весь диапазон кадров, а только определенная их часть. В описанном на рис. 13 случае это кадры с 1 по 235 (назовем его окно просмотра), что и отображается в цифровом виде над шкалой. Если бы такого окна просмотра не было, то при визуальном анализе 32512 кадров, как в нашем случае, вся цветовая дифференциация просто-напросто слилась бы. Положение этого окна просмотра среди всех записанных кадров отображается на бегунке, который расположен под этой цветовой шкалой. А текущий кадр — стрелочкой оранжевого цвета.

Для ещё большей наглядности можно проиллюстрировать работу режима анализа по шаблону, если использовать в качестве траектории аномалию, указанную на рис. 7.

Следующая иллюстрация (рис. 14) демонстрирует найденную аномалию в кадре 7663. На цветовой шкале данный кадр отображается синим цветом, а количество таких аномалий легко вычислить по числовым результатам анализа.

Как уже рассматривалось ранее, кроме анализа по шаблону-траектории вторым способом анализа является тестирование по маске. В этом случае пользователь должен самостоятельно построить маску для тестирования в заданных пределах. В дальнейшем созданная маска может быть сохранена в память осциллографа или на внешний USB накопитель и, при необходимости, вызвана оттуда для последующего анализа. Соответственно и пользовательское меню в режиме тестирования по маске будет отличаться от вида меню в режиме тестирования по шаблону-траектории.

Горизонтальными границами для



Рис. 15. Создание маски для тестирования

создания маски могут быть выбраны как весь экран, так и определенная область, которую может задать сам пользователь, ограничив ее курсорами.

На рис. 15 показан процесс создания маски для тестирования, когда в качестве шаблона для маски будет использован кадр с аномалией, показанный на рис. 14.

Появившиеся белые линии около выбранного шаблона и будут контурами будущей маски. Поворотным регулятором можно установить границы маски по горизонтали в диапазоне от 0,02 до 4 делений, а по вертикали от 0,03 до 4 делений относительно выбранного шаблона. Как уже было сказано выше, подготовленную маску можно сохранить как во внутреннюю память, так и на внешний USB носитель. Маска сохраняется в формате «*.pf».



Рис. 16. Найденная аномалия в кадре с номером 10764

Далее запускается уже стандартная процедура анализа, которую мы рассматривали выше при описании процесса анализа по шаблону-траектории. На рис. 16 мы видим, что регистратор нашел кадр с аномалией, аналогичной имеющейся в кадре 7663 (рис. 14) в кадре с номером 10764.

Здесь особенно заметно наличие сильнейшей метки на практически полностью красной цветовой шкале и поиск других, удовлетворяющих маске, аномалий не составит никакого труда.

Таким образом, покадровый регистратор в осциллографах Rigol с технологией UltraVision предоставляет пользователям дополнительные возможности по анализу сигналов и является удобным средством для регистрации, просмотра и выявления аномалий и других ошибок, а также позволяет обеспечить необходимую навигацию по записанным данным.

Редакция благодарит за предоставленный материал компанию RIGOL Technologies, Inc и официального дистрибьютора компании Rigol на территории РФ — компанию ООО «ИРИТ».

Since 2013 we regularly publish reviews and articles dedicated to various measuring devices of RIGOL Technologies, Inc., one of the leaders in the measurement world. Recently the number of users of RIGOL products has been significantly increased and we often receive questions from them concerning the modes of RIGOL devices. The present article will be a user guide for one of such modes, namely frame by frame signal recorder. In one form or another this mode is used in all RIGOL oscilloscope series where UltraVision innovative technology is used...