

# ЦИФРОВЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ RIGOL СЕРИИ DS1000

Александр Воронков, ООО «Техника-М»

**В статье описаны некоторые тенденции развития измерительной техники и приведены характеристики нового цифрового осциллографа фирмы RIGOL, который может стать основой парка измерительного оборудования большинства отечественных компаний.**

Как правило, компании, занимающиеся выпуском измерительного оборудования, предпочитают привлекать внимание к передовым образцам созданной ими техники, имеющей максимально достижимые на данный момент характеристики. Однако не стоит забывать, что такая аппаратура является очень дорогостоящей и в силу этого доступна относительно небольшому числу потенциальных потребителей. В то же время в подавляющем большинстве случаев такие характеристики и не требуются. Например, даже сейчас, когда получили широкое распространение высокоскоростные цифровые устройства, работающие на частотах в несколько гигагерц, наибольшим спросом пользуются измерительные приборы, рассчитанные на исследование сигналов с частотами всего до 100 МГц. Именно такие приборы составляют и в обозримом будущем будут составлять основу парка измерительной техники большинства инженерных подразделений, и именно в этой области действует несколько компаний, составляющих реальную конкуренцию таким гигантам, как Agilent Technologies и Tektronix. Стоит сказать, что наиболее явной тенденцией на рынке является массовая замена относительно низкочастотных аналоговых осциллографов на цифровые, и все ведущие производители стали уделять этому сегменту самое пристальное внимание.

В последние годы самой динамично развивающейся компанией, специализирующейся на производстве цифровых осциллографов, является китайская компания RIGOL. Она была основана в 1998 г. и всего за 8 лет своего существования превратилась в четвертую в мире по значимости компанию, производящую цифровые осциллографы.

Инженеры RIGOL разработали также ряд очень достойных по своим характеристикам «виртуальных» измерительных приборов (являющихся приставками к персональным ком-

пьютерам, производящим обработку и отображение результатов измерений), среди которых — высокоточный 6½-разрядный цифровой мультиметр и цифровой осциллограф со встроенным 16-канальным логическим анализатором и полосой пропускания входного тракта до 100 МГц.

Успехи компании RIGOL и высокое качество ее продукции были столь впечатляющи, что в 2004 г. фирма Agilent Technologies заключила с RIGOL контракт на производство и поставку на рынок осциллографов Agilent серии DSO3000 (причем эти осциллографы фактически являются несколько переработанными осциллографами RIGOL серии DS5000CA!). В настоящее время осциллографы Agilent DSO3000 пользуются заслуженной популярностью во всем мире. К сожалению, по этой причине осциллографы RIGOL DS5000CA стали недоступны для покупателей за пределами Китая, а в ближайшее время прекратится их продажа и в Китае.

В середине апреля 2006 г. компания RIGOL анонсировала выпуск новой серии цифровых осциллографов DS1000. При производстве этой модели компания поставила задачу создать цифровые осциллографы начального уровня, максимально отвечающие запросам пользователя и при этом имеющие очень доступную цену. Кроме того, в противовес сложившейся практике, когда логические анализаторы встраиваются только в самые дорогие осциллографы, а самостоятельные логические анализаторы даже в «виртуальном» исполнении стоят зачастую дороже неплохого цифрового осциллографа, RIGOL предлагает вариант осциллографа со встроенным 16-канальным логическим анализатором. Параметры анализатора получились неплохие: при максимальной частоте дискретизации, равной 200 Мвыб./с, глубина памяти составляет 512К — и все это в зависимости от модели за дополнительные 180 — 490 долл.

Итак, что же представляет собой новая линейка осциллографов DS1000?

К нам в лабораторию попал новенький образец осциллографа смешанных сигналов DS1102CD под серийным номером 029. Блок питания осциллографа позволяет использовать его в широком диапазоне питающих напряжений и частот: от 100 до 240 В при частоте 45...440 Гц. Смотрим технические характеристики модели. Конечно, по сравнению с DS5000CA (и Agilent DSO3000) с частотой дискретизации до 1 ГГц они на первый взгляд не впечатляют — максимальная полоса пропускания ограничена всего лишь 100 МГц при частоте дискретизации в 400 МГц (эквивалентный режим — 25 ГГц). Однако не стоит забывать, что это устройство предназначено для того самого большинства пользователей, которым не нужны дорогостоящие гигагерцы при исследовании низкочастотных сигналов в диапазоне до 100 МГц.

Внешне осциллограф выглядит очень привлекательно — по сравнению с предыдущей серией он очень «похудел», и массогабаритные характеристики теперь напоминают Tektronix младших серий — размеры 303 × 154 × 133 мм при весе 2,4 кг (см. рис. 1).

Тщательная отделка придает ему очень солидный вид, которого обычно не хватает некоторым бюджетным моделям конкурентов.

Эргономика осциллографа также на высоте, и времени на освоение новой модели требуется совсем немно-



Рис. 1. Внешний вид осциллографа DS1102CD

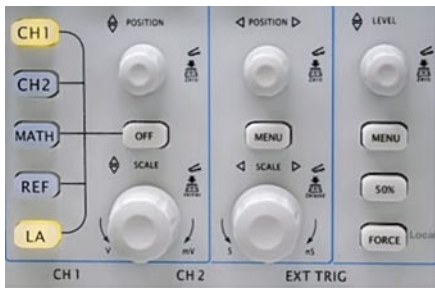


Рис. 2. Панель управления

го. Как и у осциллографов Agilent, подсветка кнопок информирует о том, что задействованы соответствующие режимы работы. Нажатие на ручку регулировки положения отменяет ранее установленное смещение осциллограммы, для ручек регулировки развертки и усилителя вертикального отклонения каналов также предусмотрены дополнительные режимы (см. рис. 2).

Единственная субъективная претензия, которая возникла после ознакомления с прибором, связана с тем, что кнопка AUTO, находящаяся рядом с кнопкой RUN/STOP, первоначально ассоциировалась с режимом развертки AUTO, хотя на самом деле она является кнопкой автоматического выбора режимов работы осциллографа по входному сигналу. Точнее было бы назвать ее кнопкой AUTO-SCALE (как это было сделано в моделях Agilent DSO3000).

Частота дискретизации в 400 Мвыб./с для осциллографов серии DS1000 хорошо сбалансирована с полосой пропускания входного тракта, которая в зависимости от модели равна 25, 40, 60 и 100 МГц. Это очень важный момент. Многие производители недорогих цифровых осциллографов зачастую не обеспечивают выполнения важного требования, при котором в соответствии с теоремой Котельникова – Найквиста частота дискретизации должна быть минимум в 2 раза выше максимальной частоты исследуемого сигнала, и чем выше частота дискретизации, тем лучше. При выборе модели осциллографа необходимо хорошо

себе это представлять – если частота дискретизации сигнала равна, например, 100 Мвыб./с (например, в моделях GDS-800 фирмы Good Will), то максимальная спектральная полоса сигнала, с которой может полноценно работать данный осциллограф, составляет только 50 МГц. Более широкая полоса пропускания (>50 МГц) входного тракта такого осциллографа приводит к тому, что на вход АЦП попадают более высокочастотные сигналы (например, шумы), что приводит к дополнительным ошибкам в отображении сигнала после его интерполяции, иногда очень существенным.

По-видимому, при разработке новой серии осциллографов специалисты RIGOL основательно изучили возможности и недостатки моделей других изготовителей в этом ценовом сегменте рынка и, анонсируя свою новую серию, составили подробную сравнительную таблицу характеристик новинки и конкурирующих моделей. Такие сравнительные данные представляют, вообще говоря, огромную ценность при выборе и покупке осциллографа. Дело в том, что спецификация очень часто не дает полной информации, не всегда дает ее и инструкция по эксплуатации, а некоторые данные просто сознательно умалчиваются. И подобные сравнительные данные, если они есть, оказываются очень полезными – ведь у покупателя нет возможности самому проводить исследования, и он зачастую покупает «кота в мешке», ориентируясь только по рекламным проспектам. Поэтому чем больше изготовителей будут публиковать такого рода сравнительные данные, пусть даже акцентируя внимание на выгодных для себя моментах, тем легче пользователям будет выбрать требуемую модель. К сожалению, такого типа сравнений пока маловато. Но в данном случае у нас такая таблица есть, и данные, приведенные в ней, оказались очень интересными.

Итак, приступим к оглашению списка.

**Глубина памяти.** После полосы пропускания и частоты дискретизации сигнала важнейшим параметром цифрового осциллографа является глубина его буфера памяти. Для DS1000 глубина памяти UltraZoom составляет 1М слов на один канал, а в двухканальном режиме она равномерно распределяется между каналами, обеспечивая весьма комфортную работу и возможность довольно подробно исследовать сложные сигналы. Глубина памяти не зависит от режи-

мов работы DS1000 и не влияет на скорость работы осциллографа.

У осциллографов Tektronix серий TDS1000 и TDS2000, где память построена на ПЗС, максимальная глубина памяти составляет 2,5К. Реально она, как правило, гораздо меньше, что иллюстрирует таблица 1.

У осциллографов Good Will серии GDS глубина памяти заявлена равной 125К, но в зависимости от режима ее размер варьируется от 500 слов до 125К слов.

Бюджетные цифровые осциллографы, несмотря на все свое преимущество перед аналоговыми моделями, до сих пор не в состоянии полностью заменить последние, т.к. во многих случаях уступают в качестве отображения сигналов сложной формы, например видеосигналов. Для **поиска вырожденных сигналов** они зачастую малопригодны. Дело в том, что в недорогих цифровых осциллографах яркость точки отображаемой осциллограммы не зависит от вероятности нахождения сигнала в этой точке – светящаяся точка на осциллограмме либо есть, либо ее нет. Такое упрощенное отображение сигнала приводит к тому, что осциллограф не в состоянии отобразить редкие вырожденные сигналы на фоне регулярных – пользователь видит равномерно засвеченный экран. Этот серьезный недостаток был устранен в RIGOL DS1000 – в отличие от всех осциллографов Tektronix серий TDS1000, TDS2000 и Good Will серии GDS. Регулируя дополнительно яркость луча, в DS1000 можно добиться оптимального вида отображения сигнала.

Наблюдая за сигналом в условиях повышенного уровня шумов, очень важно иметь **регулируемый уровень синхронизации**, позволяющий отсеять нежелательное влияние шумов на стабильность развертки. В моделях DS1000 пороговая чувствительность синхронизации задается пользователем в диапазоне от 0,1 деления до 1,0 деления шкалы. В бюджетных моделях DSO (Agilent Technologies), TDS, GDS в канале синхронизации существует только фиксированное шумопонижение (on/off).

При исследовании некоторых сигналов бывает необходимо обеспечивать **синхронизацию одновременно по переднему и заднему фронтам сигнала**, например для получения так называемых глазковых диаграмм (для работы с телекоммуникационными сигналами: измерения джиттера, межсимвольных искажений и т.д.). Осциллографы

Таблица 1. Зависимость глубины памяти осциллографов серий TDS1000/2000 от скорости развертки

Частота развертки, нс/дел.	Глубина памяти, слово
100	1 К
50	500
25	250
10	100
5	50

RIGOL DS1000 имеют и такой режим синхронизации, упомянутые выше конкуренты — только базовый: раздельно по переднему фронту и по заднему фронту сигнала.

В осциллографах RIGOL DS1000 добавлена **синхронизация по скорости нарастания** входного сигнала. Идея не нова, но она впервые используется для осциллографов такого ценового диапазона. Tektronix TDS1000, TDS2000 и Good Will серии GDS имеют только стандартный набор режимов синхронизации. Следует упомянуть и хорошие возможности синхронизации видеосигналов в DS1000, среди которых присутствуют режимы выбора полярности видеосигнала, выбора номера строки при синхронизации по строкам и выбора четных и нечетных полукадров при синхронизации по кадрам.

Осциллографы DS1000 имеют попеременный режим развертки, позволяющий наблюдать на экране одновременно два несинхронизированных сигнала. Такая функция присутствует в аналоговых осциллографах, теперь она добавлена и в цифровой осциллограф. TDS1000, TDS2000 и Good Will серии GDS не имеют этого режима, не имеют его и многие гораздо более дорогие осциллографы.

Продвинутые функции синхронизации начинают использоваться в нише бюджетных осциллографов. Встроенный в DS1000 анализатор обеспечивает **синхронизацию по длительности и по образцу сигнала**. А что же конкуренты? Good Will пока не производит осциллографов с такими режимами синхронизации. Tektronix производит, но не в TDS1000 и TDS2000, а в моделях на порядок дороже — TDS3000. Agilent производит, но начиная с DSO6000, сравнимых по цене с TDS3000.

**Количество типов автоматических измерений параметров сигнала** в DS1000 равно 20, в то время как TDS1000 и TDS2000 обеспечивают только 11 типов измерений, у GDS — 15 типов измерений.

Осциллографы DS1000 имеют **развитый USB-интерфейс**, обеспечивающий пользователя всеми возможностями USB, необходимыми для полноценной работы:

а) USB-порт на задней панели для подключения к компьютеру, позволяющий ему считывать данные для обработки и управлять режимами работы осциллографа;

б) USB-порт на передней панели, позволяющий подключать флэш-носители для записи осциллограмм или выводить данные на принтер.

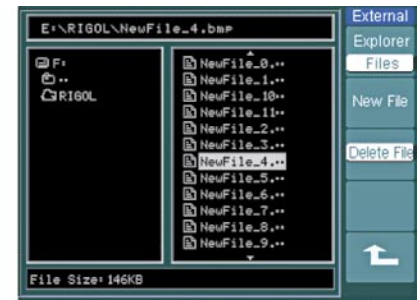


Рис. 3. Работа с внешними USB-накопителями

Для работы с флэш-носителями в осциллографе используется менеджер файлов (см. рис. 3), работающий со стандартной файловой системой FAT или FAT32.

Осциллографы GDS имеют только USB-порт для подключения к компьютеру. Серии TDS1000 и TDS2000 в базовом комплекте не имеют USB-интерфейсов (эти интерфейсы появились только в последних модификациях — сериях TDS1000B и TDS2000B).

**Оцифровка входного сигнала.** Осциллографы DS1000 оцифровывают сигналы как в режиме реального времени, так и в эквивалентном режиме. Пользователь может сам выбирать тот или иной режим для получения наилучшего результата. В то же время осциллографы TDS имеют только режим реального времени и проигрывают в точности при работе с высокочастотными периодическими сигналами, когда интерполированная картинка отличается от реального сигнала. Несмотря на то что приборы Good Will GDS имеют оба режима, самостоятельно выбирать один из них пользователь не может: при развертке 500 нс/дел. или быстрее осциллограф работает только в эквивалентном режиме. Кроме того, частота дискретизации для GDS-800, как уже упоминалось, ограничена всего 100 МГц.

Встроенный в DS1000 **Pass/Fail-фильтр** в комплекте с редактором масок позволяет с легкостью регистрировать отклонения сигнала от заданных параметров, а **оптронная гальваническая развязка** Pass/Fail-выхода гарантирует высокую защиту от промышленных помех и простоту подключения к управляющим устройствам.

Осциллографы TDS1000 и TDS2000 не имеют выхода Pass/Fail, а у GDS он есть, но развязки не имеет.

DS1000 способен произвести **запись до 1000 фреймов сигнала**. Эту запись можно запустить сигналом

Pass/Fail, обеспечивая таким образом автоматическую регистрацию всех аномальных сигналов без вмешательства пользователя. У осциллографов TDS и GDS такой возможности нет.

**Функция Hold-Off** обеспечивает пользователю DS1000 стабильную развертку и наблюдение требуемых областей для таких сложных сигналов, как амплитудно-модулированные сигналы или периодическая последовательность импульсов. У осциллографов GDS функция Hold-Off отсутствует.

При работе с ультранизкочастотными сигналами незаменимым оказывается режим самописца (**Roll mode**). Осциллографы TDS не имеют этого режима развертки.

Дополнительное преимущество пользователю DS1000 дает **наличие встроенных цифровых фильтров: ФНЧ, ФВЧ, полосового и режекторного фильтров**. Ни TDS1000/2000, ни GDS таких цифровых фильтров не имеют.

Осциллографы серии DS1000 имеют качественный цветной ЖК-дисплей, выполненный по TFT-технологии, обеспечивающей яркие и сочные цвета (64К оттенков) — в отличие от TDS1000, TDS2000 и осциллографов Good Will серии GDS, дисплеи которых выполнены по устаревшей технологии STN. Кроме того, в DS1000 можно произвольно изменять яркость масштабной сетки, что облегчает наблюдение нечетких сигналов, а функция энергосбережения позволяет значительно продлить жизнь лампы подсветки дисплея. К сожалению, разрешающая способность дисплея не отличается от конкурентов и стандартна для осциллографов этого класса — 320 × 240.

Нельзя не упомянуть об удобной контекстной подсказке в осциллографах DS1000: при удержании нажатой любой кнопки в течение 3 с на дисплее появляется развернутое описание ее назначения для текущего режима работы. К сожалению, такая подсказка и само меню существу-

ют только в китайском, английском, японском и французском вариантах. Меню и подсказки на русском языке пока нет. Появление русифицированного варианта ожидается в конце текущего — начале следующего года. После этого несложно будет самостоятельно сделать русификацию купленной модели — обновление микрокода производится через имеющийся разъем USB на задней панели осциллографа.

При разработке новой серии в компании RIGOL были учтены все пожелания, высказанные пользователями осциллографов всех предшествующих серий RIGOL. Следует отметить, что компания быстро реагирует на все замечания и пожелания по модернизации своей техники, и высокое качество продукции удалось

завоевать признание потребителей во всем мире.

Достижение высокого качества продукции в такой технически сложной отрасли, как производство современной цифровой радиоизмерительной техники, является непростой задачей даже при наличии качественных исходных материалов и комплектующих. Компания использует входной контроль отдельных комплектующих, проверку всех составляющих устройство узлов, 8-часовую жесткую термотренировку готовой продукции в специальной климатической камере и затем рабочий прогон в нормальных условиях в течение 72 часов. Далее проводится повторная проверка, во время которой отбраковываются изделия, не прошедшие испытание. Не удивительно, что брак, по словам

дистрибьюторов RIGOL, практически отсутствует, а на осциллографы изготовитель дает *3 года бесплатной гарантии*.

Подводя итог поистине впечатляющим возможностям осциллографов бюджетной серии DS1000, следует отметить, что как осциллографы смешанных сигналов модели DS1000 уникальны в своем ценовом диапазоне (от 900 долл.): самые доступные на рынке модели осциллографов смешанных сигналов фирмы Agilent стоят на порядок дороже и относятся к другому классу осциллографов. Данную серию осциллографов RIGOL можно назвать очередной удачей компании — модели DS1000 очень популярны во всем мире, а известные изготовители измерительного оборудования опять делают крупные ODM-заказы.