

# НОВЕЙШИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ RIGOL СЕРИИ DG1000Z

## INNOVATIVE GENERAL-PURPOSE DIGITAL GENERATORS RIGOL DG1000Z SERIES

Афонский А.А. (A. Afonskiy), Главный редактор

Компания RIGOL Technologies, Inc. осенью 2013 года представила ряд новинок. Кроме осциллографов, о которых в нашем журнале вы читали ранее {1} были представлены новейшие цифровые генераторы сигналов серии Rigol DG1000Z и генераторы СВЧ сигналов DSG3000. Генераторы сигналов Rigol известны еще с конца 2000-х годов. Линейка генераторов делилась на три серии приборов: DG1000, DG2000 и DG3000. Можно сказать, что деление на серии было строго «вертикальное»: т.е. функциональные возможности и технические характеристики возрастали от «младшей» серии к «старшей». При этом генераторы сигналов Rigol имели оптимальное сочетание цены и возможностей.



Рис. 1. Внешний вид генератора сигналов серии Rigol DG1000

Данную линейку приборов отличал классический дизайн управления — полное кнопочное управление и числовое черно-белое (или зеленое) отображение параметров частоты / времени и амплитуды.

В последнее время, с учетом широкого использования цветных графических дисплеев, существенно развился визуальный интерфейс отражения форм и параметров генерируемых сигналов. Хорошим примером может служить серия генераторов сигналов произвольной формы АКТАКОМ AWG-41xx (рис. 2).

Представленная на выставке в Гонконге в октябре 2013 года серия новых генераторов Rigol DG1000Z предполагает отображение параметров генерируемых сигналов с учетом новых возможностей графического отображения (рис. 3).

При этом деление линейки генераторов на «младшие» / «старшие» серии ушло



в прошлое, т.к. некоторые технические характеристики у данных приборов даже лучше, чем у «старших» серий. И таким образом, единственным критерием деления на «старшие» и «младшие» серии стал частотный диапазон. Серия генераторов Rigol DG1000Z в настоящее время представлена двумя моделями DG1032Z и DG1062Z, которые различаются максимальной частотой генерации (таблица 1).

Как сообщили разработчики компа-

не ограниченный верхней частотой 60 МГц частотный диапазон, данные модели вполне могли бы расположиться рангом выше.

Как и другие современные генераторы, серия DG1000Z при формировании сигнала использует прямой цифровой синтез (DDS) {2}. Кроме того, в них применена инновационная технология SiFi (Signal Fidelity, в дословном переводе «Точность сигнала»). Ее использование обеспечивает формирование сигнала в приборе по принципу «точка за точкой».

Благодаря примененным в этой серии технологиям, достигается исключительное качество сформированного генератором сигнала.



Инновационная технология SiFi (Signal Fidelity, в дословном переводе «точность сигнала») обеспечивает формирование сигнала в приборе по принципу «точка за точкой». Благодаря этой технологии достигается исключительное качество сформированного генератором сигнала с малым джиттером, низким уровнем искажений и прецизионной точностью установки частоты. Используется в новейших цифровых генераторах сигналов Rigol серии DG1000Z.

Энциклопедия измерений «КИПиС» ([www.kipis.ru](http://www.kipis.ru))



нии, модельный ряд в дальнейшем будет расширен до 5 моделей с максимальной частотой генерации до 80 МГц.

Как следует из цифрового индекса (DG1000Z) данные приборы относятся к генераторам начального уровня или эконом-класса. Но, в этих моделях применено такое количество инноваций, что, если бы



Рис. 2. Индикатор генератора сигналов произвольной формы АКТАКОМ AWG-4110

Таблица 1

### ОСНОВНЫЕ ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРОВ СЕРИИ RIGOL DG1000Z

Форма сигнала	DG1032Z	DG1062Z
синусоидальный сигнал	1 мГц ~ 30 МГц	1 мГц ~ 60 МГц
прямоугольный сигнал	1 мГц ~ 15 МГц	1 мГц ~ 25 МГц
импульсный сигнал	1 мГц ~ 15 МГц	1 мГц ~ 250 МГц
пилообразный сигнал	1 мГц ~ 500 кГц	1 мГц ~ 1 МГц
гармоники	1 мГц ~ 10 МГц	1 мГц ~ 20 МГц
белый шум (Гаусс)	полоса 30 МГц (-3дБ)	полоса 60 МГц (-3дБ)
специальной формы	1 мГц ~ 10 МГц	1 мГц ~ 20 МГц

Для примера приведем несколько основных параметров:

- среднеквадратическое значение джиттера составляет не более 200 пс на прямоугольных и импульсных сигналах при частотах свыше 5 МГц;
- фазовый шум (одна из характеристик частоты сигнала, {3}) составляет -131,79 дБн/Гц при отстройке 10 кГц (сигнал синусоида, частота 10 МГц, ослабление 0 дБ, импеданс 50 Ом). Измеренные параметры приведены на рис. 4 и 5;
- гармонические искажения (по второй и третьей гармонике на том же сигнале) представлены на рис. 6;



Рис. 3. Внешний вид генератора сигналов серии Rigol DG1000Z

- точность установки частоты опорного генератора составляет всего  $\pm 1$  ppm.

Данные характеристики в этом ценовом диапазоне представляются исключительно достойными.

Работа с этими приборами обеспечена очень информативно (обратите

внимание на развитую графику отображения информации).

Генерируемые сигналы в каждом канале (два идентичных полнофункциональных канала) и их параметры могут отображаться на дисплее одновременно, что на практике очень удобно (рис 7.).

Также может использоваться режим отображения на экране только одного канала (рис. 8).

Кнопки быстрого доступа обеспечивают выбор пяти видов основной формы сигнала, включая синусоидальную, прямоугольную, пилообразную, импульсную и

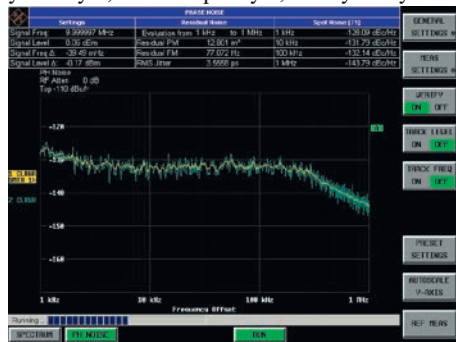


Рис. 4. Характеристика фазового шума генератора сигналов серии Rigol DG1000Z, полученная на анализаторе спектра и сигналов R&S FSRM26

Spot Noise [T1]	
1 kHz	-128.09 dBc/Hz
10 kHz	-131.79 dBc/Hz
100 kHz	-132.14 dBc/Hz
1 MHz	-143.79 dBc/Hz

Рис. 5. Значение фазового шума генератора сигналов серии Rigol DG1000Z

### ИЗМЕНЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ФОРМ СИГНАЛОВ

Таблица 2

Основные формы сигнала	Синус	Меандр	Пила	Импульс	Шум
	Сine	Squ	Ramp	Pulse	Noise
Названия функций					
Частота / Период	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Амплитуда / Высокий уровень	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Смещение / Низкий уровень	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Начальная фаза	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Одинаковая фаза	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Коэффициент заполнения	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Симметрия	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ширина импульса / Коэффициент заполнения	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Нарастание импульсного сигнала (Передний фронт)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Спад импульсного сигнала (Задний фронт)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

шумовую. Для них можно установить и изменить различные параметры (таблица 2).

Кроме того, во внутренней памяти прибора записано еще 160 предустановленных видов форм сигнала, доступ к которым осуществляется через меню.

Для удобства ориентации в таком большом количестве записанных форм в меню предусмотрено деление на 4 группы: инженерные, медицинские, автомобильные и математические, которые в свою очередь поделены на 11 подгрупп (с полным перечнем форм сигнала можно ознакомиться на сайте нашего журнала в разделе «WEB-приложение для подписчиков» [www.kipis.ru/appendix](http://www.kipis.ru/appendix)).

Для удобства пользователей в приборе применено развитое графическое меню с отображением формы сигнала, а активная или выбранная форма подсвечивается (рис. 9).

Также в приборах данной серии предусмотрена возможность создания сигналов произвольной формы с возможностью сохранения их как во внешней памяти

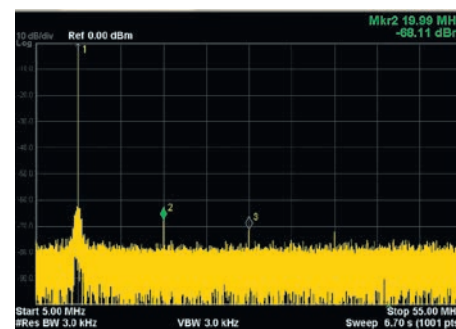


Рис. 6. Гармонические искажения по второй и третьей гармонике (соответственно -68 дБм и -70 дБм) генератора сигналов серии Rigol DG1000Z, измеренные анализатором спектра Agilent E4440A

Прямой цифровой синтез — относительно новый метод синтеза частоты, появившийся в начале 70-х годов прошлого века. Все описанные методы синтеза доступны разработчикам уже десятилетия, но только в последнее время DDS уделяется пристальное внимание. Появление дешевых микросхем с DDS и удобных средств разработки делает их сегодня привлекательными для разных сфер применения.

DDS уникальны своей цифровой определенностью — генерируемый ими сигнал синтезируется со свойственной цифровым системам точностью. Простейший DDS выглядит так: двоичный счетчик формирует адрес для ПЗУ, куда записана таблица одного периода функции sin, отсчеты с выхода ПЗУ поступают на ЦАП, который формирует на выходе синусоидальный сигнал, подвергающийся фильтрации в ФНЧ и поступающий на выход. Для перестройки выходной частоты используется делитель с переменным коэффициентом деления, на вход которого поступает тактовый сигнал с опорного генератора.

Частота, амплитуда и фаза сигнала в любой момент времени точно известны и подконтрольны. DDS практически не подвержены температурному дрейфу и старению. Единственным элементом, который обладает свойственной аналоговым схемам нестабильностью, является ЦАП. Высокие технические характеристики стали причиной того, что в последнее время DDS вытесняют обычные аналоговые синтезаторы частот. Основные преимущества DDS:

- очень высокое разрешение по частоте и фазе, управление которыми осуществляется в цифровом виде;
- экстремально быстрый переход на другую частоту (или фазу), перестройка по частоте без разрыва фазы, без выбросов и других аномалий, связанных со временем установления;
- архитектура, основанная на DDS, ввиду очень малого шага перестройки по частоте, исключает необходимость применения точной подстройки опорной частоты, а также обеспечивает возможность параметрической температурной компенсации;

- цифровой интерфейс позволяет легко реализовать микроконтроллерное управление;
- для квадратурных синтезаторов имеются DDS с I и Q выходами, которые работают согласованно.

Частотное разрешение DDS составляет сотые и даже тысячные доли герца при выходной частоте порядка десятков мегагерц. Такое разрешение недостижимо для иных методов синтеза. Другой характерной особенностью DDS является очень высокая скорость перехода на другую частоту. Синтезаторы на основе PLL используют обратную связь и фильтрацию сигнала ошибки, что замедляет процесс перестройки частоты. Для DDS скорость перестройки ограничена практически только быстродействием цифрового управляющего интерфейса. Более того, все перестройки по частоте в DDS происходят без разрыва фазы выходного сигнала. Поскольку выходной сигнал синтезируется в цифровом виде, очень просто можно осуществить модуляцию различных видов.

Параметры синтезатора частоты очень важны для аппаратуры связи. Являясь сердцем системы настройки, синтезатор в основном определяет потребительские свойства конкретного аппарата. Как с технической, так и с экономической стороны DDS удовлетворяет большинству критериев идеального синтезатора частоты: простой, высокоинтегрированный, с малыми габаритами. Кроме того, многие параметры DDS программно-управляемые, что позволяет заложить в устройство новые возможности. Современные DDS используют субмикронную CMOS-технологии, трехвольтовую логику, миниатюрные корпуса. Одновременно постоянно снижаются цены на них. Все это делает DDS очень перспективными приборами.

Энциклопедия измерений «КИПИС» ([www.kipis.ru](http://www.kipis.ru))



генератора, так и на внешний USB-накопитель. При этом, в DG1000Z пользователь может формировать или редактировать сигнал произвольной формы не только стандартным способом, задавая частоту или период, но ему доступен и другой режим, в котором имеется возможность задавать частоту дискретизации от 1 мквыб/с до 200 Мвыб/с (рис. 10).

Обычно такая функция не предусмотрена в генераторах произвольной формы начального уровня (у других производителей), а доступна для моделей старших серий. При этом в стандартной комплекта-

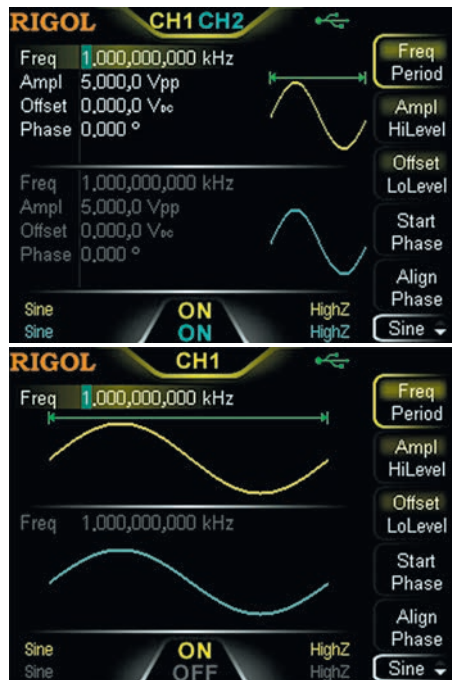


Рис. 7. Одновременное отображение сигналов по двум каналам

ции Rigol DG1000Z глубина встроенной оперативной памяти составляет 8М точек данных и может быть расширена при помощи дополнительной (платной) опции до 16 миллионов точек.

Важно отметить, что новые генераторы сигналов DG1000Z предоставляют возможность записи сигнала в энергозависимую память с последующим ее редактированием. При этом пользователь может редактировать форму как выбранной единицы данных, так и блоками. Формируемый сигнал отображается на дисплее самого генератора (рис. 11).

При этом, в режиме редактирования

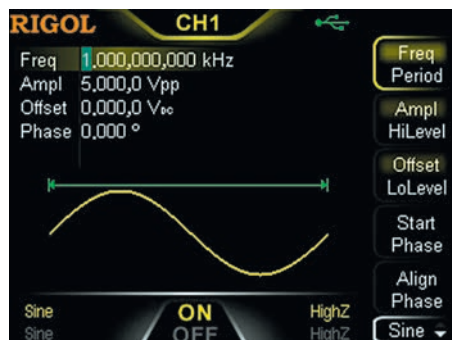


Рис. 8. Отображение формы сигнала по одному каналу



Рис. 9. Отображение меню выбора предустановленных форм сигнала

блоков пользователь должен задать номер начальной и конечной точек участка сигнала и значения амплитуды сигнала в этих точках, а прибор автоматически формирует амплитуду сигнала на всем участке между заданными начальной и конечной точками. После редактирования сигнал и текущие настройки могут быть записаны с последующим вызовом на внутреннее или внешнее запоминающее устройство. Настройки сохраняются в формате \*.rsf, форма сигнала — в файлах с расширением \*.raf. Кроме того, с внешнего запоминающего устройства приборы могут считывать и запоминать формы сигналов, записанные в форматах \*.txt и \*.csv, а также просматривать графические файлы в формате \*.bmp.



Рис. 10. Задание частоты дискретизации сигнала

Кроме функций генератора стандартных и пользовательских форм сигналов, приборы серии DG1000Z можно также использовать как генератор гармоник до 8 порядка включительно. Приборы могут выводить четные, нечетные, полные гармоники или гармоники порядка, установленного пользователем с выставлением амплитуды и фазы гармоники (рис. 12). Для основного сигнала предусмотрена возможность настройки частоты, периода, амплитуды, смещения тока постоянного напряжения, высокого и низкого уровней, начальной фазы и других параметров с одновременной поддержкой функции совмещения фаз.

Большинство выпускаемых в настоящее время цифровых генераторов имеют возможность формирования не только гармонических, но и модулированных сигналов, а также работать в режиме свипирования (качания) частоты. Имеется такая возможность и в генераторах Rigol серии DG1000Z. При этом приборы серии DG1000Z способны в этих режимах осуществлять вывод модулированной формы сигнала как в одном канале, так и по двум каналам. Приборы могут формировать сигналы с аналоговой модуляцией: амплитудной (AM), амплитудной с двойным подавлением несущей частоты (DSB-SC), частотной (FM), фазовой (PM), широтно-импульсной (PWM), так и сигналы с цифровой модуляцией (манипуляцией): амплитудной (ASK), частотной (FSK), фазовой (PSK) (рис. 13).



Рис. 11. Пример редактирования сигнала формы блоками



Рис. 12. Задание параметров гармоник и отображение на дисплее

Аналогично генерации модулированных сигналов приборы DG1000Z могут формировать свипированные формы сигналов по одному или двум каналам (рис. 14). Поддерживаются три режима свипирования: линейный, логарифмический и пошаговый.

Кроме внутреннего источника модуляции и свипирования, имеется возможность выбора внешнего источника для каждого канала. Для этого на задней панели приборов расположены два многофункциональных разъема Sync/Ext Mod/Trig/FSK (рис. 15).

**РЕЖИМЫ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПАЧЕК ИМПУЛЬСОВ**

Таблица 3

Тип вспышки	Источник сигнала триггера	Несущая форма сигнала
N-циклический	Встроенный/Внешний/Ручной	Синусоидальная, меандр, пилообразная, импульсная, произвольная (кроме DC)
Неограниченный	Внешний/Ручной	Синусоидальная, меандр, пилообразная, импульсная, произвольная (кроме DC)
Стробирование	Внешний	Синусоидальная, меандр, пилообразная, импульсная, шумы, произвольная (кроме DC)

Важно отметить, что функциональные возможности генераторов серии DG1000Z позволяют использовать приборы в качестве генераторов импульсов (как одиночных импульсов с длительностью от 16 нс и фронтом нарастания/спада 10 нс, так и для генерации пачек импульсов). При этом генерация пачек импульсов поддерживает три режима: N-циклический, неограниченный и стробирование (таблица 3).



Рис. 13. Генерация модулированных сигналов

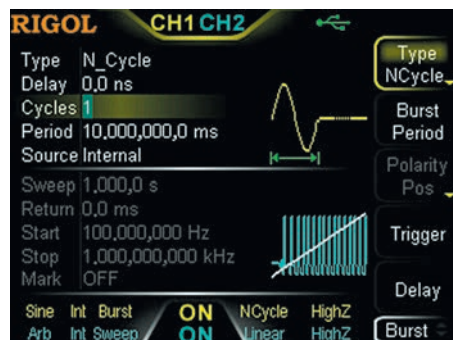


Рис. 14. Генерация свипированных сигналов

Еще одной функцией новейших генераторов Rigol, которую следует рассмотреть подробнее, является частотомер. При этом следует учесть, что такого функционального частотомера нет, наверное, ни у одного другого производителя генераторов начального уровня. Встроенный частотомер поставляется в стандартной комплектации генераторов данной серии, он имеет разрешение по частоте 7 разрядов и



Рис. 15. Вид задней панели с разъемами для подключения источников внешнего модулирующего сигнала и запуска

частотный диапазон от 1 мГц до 200 МГц. На дисплее прибора одновременно выводится информация о нескольких измеренных параметрах: частота, период, коэффициент заполнения, длительности положительного/отрицательного импульсов, а также ряд других параметров внешнего входного сигнала (рис. 16).

Кроме того, во встроенном частотомере поддерживается статистическая обработка результатов измерений. В приборах

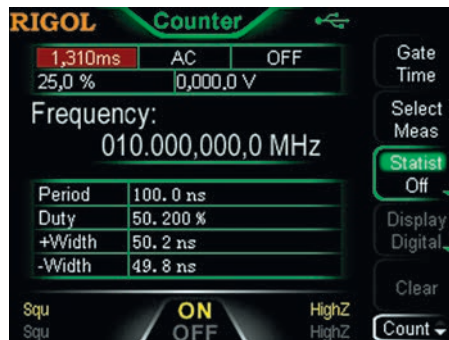


Рис. 16. Измеряемые параметры сигнала в режиме частотомера

производится автоматический расчет максимального, минимального, среднего показателей и стандартного отклонения. А на дисплее прибора можно отобразить данные результатов, как в цифровом (рис. 17), так и графическом виде (рис. 18).



Рис. 17. Отображение статистической обработки результатов измерения встроенным частотомером в цифровом виде



Рис. 18. Отображение статистической обработки результатов измерения встроенным частотомером в графическом виде

При этом вывод сигнала по обоим каналам производится одновременно с проведением замера частоты с помощью частотомера.

Кроме вышеуказанных возможностей, в цифровых генераторах Rigol DG1000Z предусмотрен ряд операций между каналами. Например, сложение или наложение форм основных сигналов с установкой частоты наложения и процентного соотно-



Рис. 19. Пример установки наложения форм

шения наложения текущей основной формы сигнала и его амплитуды (рис. 19).

Например, на рис. 20 приведен результат наложения меандра на синусоидальный сигнал при несущей частоте 1 кГц, частоте наложения 8 кГц и соотношения наложения 20%.



Рис. 20. Результат наложения меандра на синусоидальный сигнал

Приборы серии DG1000Z поддерживают режим отслеживания или сопряжения по частоте, фазе и амплитуде. Пользователь может задавать значение частотного, амплитудного, фазового смещения между сигналами с разных каналов или задавать соотношение частоты, амплитуды и фазы. После включения функции сопряжения один канал становится основным — ведущим, второй — ведомым и при этом происходит постоянное отслеживание между каналами заданных значений частотного, амплитудного, фазового смещения или соотношения частоты, амплитуды и фазы.

При формировании двух одинаковых или похожих сигналов с обоих каналов очень удобна функция «копирования каналов», реализованная в генераторах DG1000Z.



Рис. 21. Пример отображения информации на экране в режиме слежения

Имеется возможность работы с внешним источником опорной частоты: на задней панели расположен BNC разъем «10MHz In/Out», который может использоваться для вывода сформированных внутренним источником тактовых импульсов частотой 10 МГц или для подключения внешнего источника опорной частоты (рис. 22).

Для подключения к персональному компьютеру и дистанционному управлению от него, приборы серии DG1000Z оснащены портами USB, LAN (в стандартной комплектации) и интерфейсом GPIB (опционально). Естественно, т.к. Rigol был одним из первых мировых производителей, кто начал реализовывать в своих приборах

поддержку LXI стандарта, такой стандарт поддерживается и в данных генераторах.

Генераторы Rigol DG1000Z могут управляться и конфигурироваться как при помощи SCPI команд, так и при помощи универсального программного обеспечения для большинства приборов Rigol Ultra Sigma. В качестве библиотеки различных форм сигналов, а также для их создания и редактирования служит программное обеспечение UltraStation (рис. 23).

Боле «старшей» серий генераторов в модельном ряду Rigol по отношению к моделям DG1032Z и DG1062Z являются приборы серии DG4000.



Рис. 22. Вид сзади

Аналогично серии DG1000Z, генераторы сигналов Rigol DG4000 могут также использоваться как функциональный генератор, генератор сигналов произвольной формы, импульсный генератор, генератор гармоник, аналоговый и цифровой модулирующий генератор и частотомер. Именно на работу с аналоговой и цифровой модуляцией сделан упор в данных приборах, позволив пользователям использовать такие виды модуляции, как: AM, FM, PM, ASK, FSK, 3FSK, 4FSK, PSK, BPSK, QPSK, OSK, PWM.

В настоящее время в эту серию входят три прибора с максимальной частотой генерации 60 МГц (DG4062), 100 МГц (DG4102) и 160 МГц (DG4162).

Но наиболее многочисленной серией генераторов сигналов Rigol является серия DG5000. Сейчас в ней восемь моделей: четыре одноканальных и четыре двухканальных с максимальными частотами генерации от 70 до 350 МГц.

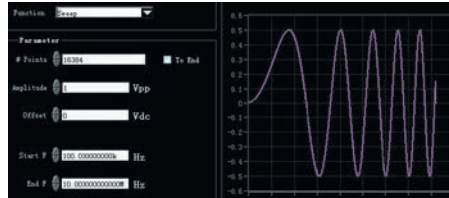


Рис. 23. Редактирование сигнала свипирования в программном обеспечении UltraStation



Рис. 24. Математические операции в программном обеспечении UltraStation

Данная серия была выпущена Rigol уже достаточно давно (в 2010 году) и была «первой» серией в обновленном модельном ряду генераторов Rigol. Среди функциональных особенностей этой серии следует выделить не только возможность генерации стандартных и произвольных форм сигналов, но и возможность



Рис. 25. Внешний вид генератора сигналов серии Rigol DG4000



Рис. 26. Внешний вид генератора сигналов серии Rigol DG5000

формирования сигналов с векторной I/Q модуляцией и сигналов с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты.

В завершении обзора представлена сравнительная таблица выпускаемых в настоящее время универсальных генераторов сигналов Rigol: от самой «младшей» серии DG1000 до самой «старшей» DG5000.

В декабре 2013 года серии генераторов сигналов произвольной формы Rigol DG1000, DG1000Z, DG4000 и DG5000 были включены в Государственный реестр средств измерений.

Редакция благодарит за предоставленный материал компанию RIGOL Technologies, Inc и официального дистрибьютора компании Rigol на территории РФ — компанию ООО «Ирит» ([www.irit.ru](http://www.irit.ru)).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Обзор цифровых осциллографов Ригол. А. Афонский. Контрольно-измерительные приборы и системы, 2013, № 6, стр. 9.
2. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. Глава 4.2.2. Цифровой частотный синтез. Стр. 188.
3. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. Глава 4.2.6. Фазовый шум генераторов. Стр. 193.

*As we already informed in one of our previous KPI&S issues (namely №6, 2013) RIGOL Technologies, Inc. introduced many innovative products at international Hong Kong Electronics Fair in October 2013. Last time we prepared a special article about DS1000Z digital oscilloscopes. This time we'd like to introduce a detailed review of new Rigol DG1000Z digital signal generators and DSG3000 RF signal generators. Full and informative description of specifications and advantages — all of this can be found in the present article.*

Таблица 4

**ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ RIGOL, ВЫПУСКАЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ**

	DG1000	DG1000Z	DG4000	DG5000
Количество каналов	2	2	2	1 или 2
Максимальная частота генерации	синус	20 МГц; 25 МГц	30 МГц; 60 МГц	60 МГц; 100 МГц; 160 МГц
	прямоугольный	5 МГц	25 МГц	50 МГц
	импульсный	5 МГц	25 МГц	40 МГц
	пила	500 кГц	1 МГц	4 МГц
	белый шум (полоса)	5 МГц	60 МГц	120 МГц
	5 МГц	20 МГц	40 МГц	50 МГц
Максимальная амплитуда	10 Вп-п	10 Вп-п	10 Вп-п	10 Вп-п
Стабильность	±50 ppm	±1 ppm	±2 ppm	
Тип модуляции	AM, FM, PM, FSK	AM, FM, PM, ASK, FSK, PSK, PWM	AM, FM, PM, ASK, FSK, 3FSK, 4FSK, PSK, BPSK, QPSK, OSK, PWM	AM, FM, PM, ASK, FSK, PSK, PWM, IQ
Количество форм сигналов	48	160	150	14
Произвольная форма	ЦАП	14 бит	14 бит	14 бит
	Дискретизация	100 Мвыб/с	200 Мвыб/с	500 Мвыб/с
	Глубина записи	4 К	8 М (16 М опция)	16 К
Генератор гармоник	нет	до 8-го порядка	до 16-го порядка	нет
Интерфейс	USB устройство, USB host	USB устройство, USB host, LAN	USB устройство, USB host, LAN	USB устройство, USB host, GPIB, LAN (LXI Class C)
ЖК дисплей	ч/б, 256×64	3,5» TFT, 320×240, 16 млн. цветов	7» TFT, 800×480, 16 млн. цветов	4,3» TFT, 480×272, 16 млн. цветов