

РАДИОЧАСТОТНЫЕ И ВЕКТОРНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ RIGOL

RF AND VECTOR GENERATORS FROM RIGOL

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

Мы продолжаем серию обзорных статей, посвященных продукции самой динамично развивающейся китайской компании в области измерительной техники RIGOL Technologies, Inc.

В 2013-2014 годах в журнале КИ-ПиС были подробно рассмотрены новые модели цифровых осциллографов, универсальных генераторов сигналов и программируемых источников питания с графическим интерфейсом. В предыдущем номере нашего журнала (КИПиС 2015 № 6) была опубликована статья «Современные анализаторы спектра Rigol». В данной статье мы кратко остановимся на еще одном направлении измерительных приборов Rigol —

RIGOL

радиочастотные и векторные генераторы Rigol.

Это направление является довольно новым в ассортименте приборов Rigol. Долгое время на рынке в данном направлении доминировали такие бренды, как Keysight Technologies (Agilent Technologies), Rohde & Schwarz, Anritsu, Aeroflex, Giga-tronics. Поэтому неудивительно, что инженеры RIGOL Technologies, Inc. также решили уделить внимание данному направлению. Чтобы конкурировать с уже сложивши-

мися лидерами требовалось разработать приборы не только не уступающие, но и превосходящие конкурентов по функциональности при той же или более низкой цене.

В 2013 году компания Technologies, Inc. объявила о выпуске первой серии радиочастотных генераторов Rigol СВЧ-диапазона DSG3000 (рис. 1).



Рис. 1. Генератор Rigol СВЧ-диапазона серии DSG3000

Данная серия была представлена двумя моделями: DSG3030 с максимальной частотой генерации до 3 ГГц и DSG3060 — до 6 ГГц. Прямыми конкурентами этих моделей рассматривались недорогие генераторы сигналов от



Рис. 2. Генераторы сигналов Keysight Technologies N9310A и N5171B



Рис. 3. Генераторы сигналов Rohde & Schwarz SMC100A и SMB100A

Keysight Technologies (рис. 2): N9310A (3 ГГц) и N5171B (6 ГГц) и Rohde & Schwarz (рис. 3): SMC100A с опцией SMC-B103 (3,2 ГГц) и SMB100A с опциями SMB-B103 (3,2 ГГц) и SMB-B106 (6 ГГц).

Обе модели новых генераторов Rigol были выполнены в таком форм-

Компания RIGOL Technologies, Inc. специализируется на разработке и производстве контрольно-измерительного оборудования и является одной из самых динамично развивающихся китайских компаний в этой области.

В спектре продукции компании представлены цифровые запоминающие осциллографы, функциональные генераторы сигналов произвольной формы, цифровые мультиметры, виртуальные приборы, совместимые со стандартом LXI и др.

Компания RIGOL была основана в июле 1998 г. и уже в мае 1999 г. представила свою первую разработку — виртуальный цифровой запоминающий осциллограф RV02100. С 2000 г. компания входит в список предприятий высоких технологий КНР. В марте 2002 г. компания начинает поставки настольных цифровых запоминающих осциллографов. Успехи компании RIGOL в этой области и высокое качество ее продукции не остались незамеченными: в 2004 г. всемирно известная компания Agilent Technologies заключила с RIGOL контракт на производство и поставку на рынок осциллографов Agilent серии DS03000.

Компания RIGOL расположена в Пекине. В настоящее время в компании работает более 300 сотрудников, большая часть из них имеет высшее образование. Компания поставляет свою продукцию в 42 страны мира.

В мае 2014 года открыт новый завод компании Rigol в Суджоу. Это новые 41 тыс. м² производственных мощностей. В новом комплексе разместились производственные линии для изготовления всего диапазона приборов RIGOL, а также логистический департамент, конференц-залы и конструкторское бюро. Размещение в одном огромном комплексе современных линий для сбора плат, цехов по изготовлению корпусов и металлических частей позволяет компании Rigol обеспечивать высокое качество, сокращение цикла производства, а также гибкость при обновлении модельного ряда. Город Суджоу находится примерно в 60 км от Шанхая и является центром высоких технологий, здесь расположены заводы многих производителей электронных компонентов. Это также является одним из преимуществ расположения нового завода Rigol.

В 2006 г. за разработку цифровых осциллографов серии DS1000 компания RIGOL получила престижную награду журнала EDN China «Annual Innovation Award». Компания имеет сертификаты соответствия стандартам ISO9001 и ISO14001.



факторе, который позволял использовать их как в настольном варианте, так и устанавливать в стандартную 19» серверную стойку (размер 2U).

При разработке серии DSG3000 специалисты Rigol уделили особое внимание спектральным характеристикам и точности приборов, так как данные характеристики могут служить основным критерием при выборе источника сигнала потребителем. К основным спектральным характеристикам генераторов сигнала относятся фазовый шум, а также гармонические и негармонические искажения.

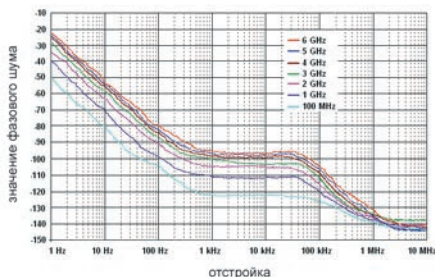


Рис. 4. Измеренное значение фазового шума (SSB) для генераторов Rigol DSG3000

В стандартной поставке встроенный опорный генератор обеспечивает температурную стабильность (от 0 до 50 °С) <0,5 ppm при старении менее 1 ppm/год. Однако при использовании термостатированного кварцевого генератора (дополнительная опция ОСХО-А08) стабильность эталонной частоты можно существенно повысить. Прибор будет иметь гораздо более высокую температурную устойчивость <5 ppm и более низкий уход частоты — всего 30 ppm в год!

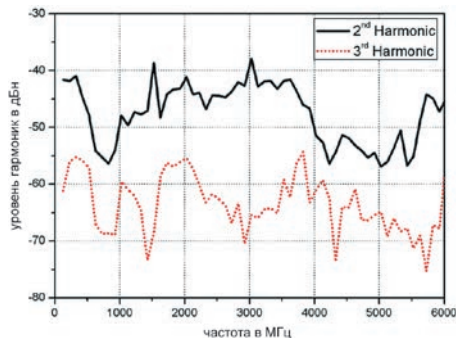


Рис. 5. Зависимость измеренного уровня гармоник от частоты при уровне сигнала +13 дБм для генераторов Rigol DSG3000

Далее немного остановимся на спектральных характеристиках радиочастотных генераторов Rigol DSG3000. Данные модели обеспечивают очень низкий фазовый шум (SSB) с номинальным значением ниже -120 дБн при отстройке несущей 20 кГц (полоса измерения 1 Гц, несущая 100 МГц).

Следует выделить и тот факт, что гармонические составляющие в DSG3000 подавляются до номинального значения -30 дБн при выходной мощности +13 дБм, а негармонические составляющие — до -70 дБн (отстройка

Основным назначением модуляции является преобразование или перенос сигнала из области низких частот в область более высоких для передачи с помощью радиосвязи или многоканальных кабельных линий. Передаваемая информация заложена в управляющем (информационном) сигнале, а роль переносчика информации выполняет высокочастотное колебание (несущий сигнал). Модуляция, таким образом, представляет собой процесс преобразования несущего сигнала с известными параметрами по закону, задаваемому управляющим (информационным) сигналом. В качестве несущего сигнала могут быть использованы сигналы различной формы (прямоугольные, треугольные и т.д.), но чаще всего применяются гармонические колебания (синусоидальной формы). В зависимости от того, какой из параметров несущего колебания изменяется, различают три основных вида модуляции: амплитудную (AM), частотную (FM), фазовую (PM).

от несущей >10 кГц, частота несущей <1,5 ГГц).

Высокочастотные генераторы Rigol DSG3030 сочетают в себе спектральную частоту сигнала с высокой выходной мощностью (до +25 дБм) в широком диапазоне частот от 1 МГц до 3 ГГц и до +20 дБм в диапазоне от 3 ГГц до 6 ГГц, что является очень хорошим значением для приборов такого класса. Минимальный уровень сигнала, который может быть установлен пользователем, составляет -140 дБм, что позволяет использовать эти генераторы для настройки высокочувствительных устройств.

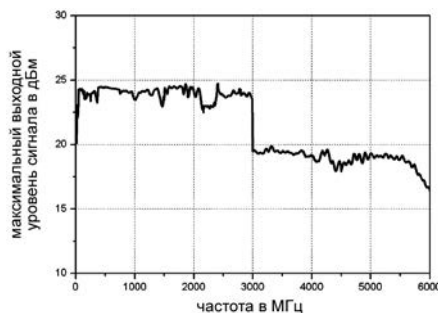


Рис. 6. Зависимость измеренного максимального уровня (мощности) сигнала от частоты для генераторов Rigol DSG3000

При этом следует отметить, что разрешение установки уровня составляет всего 0,01 дБ. При таких значениях максимальной выходной мощности в процессе решения различных измерительных задач прибор позволяет легко скомпенсировать потери во внешних устройствах, например в фильтрах, кабелях, нагрузках, согласующих цепях и т.п. Помочь в этом может и возможность генераторов Rigol DSG3030 проводить коррекцию неравномерности АЧХ при помощи специальной калибровки по заданному калибровочному списку (таблицы калибровки), в котором

можно указать до 6000 точек значений частот. В подавляющем числе измерительных задач это позволит пользователю обойтись без внешних усилителей мощности, которые сами могут быть дополнительным источником помех и ухода частоты, а также обеспечить экономию не только денег, но и рабочего пространства.

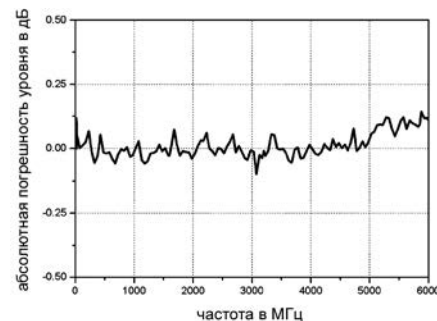


Рис. 7. Характеристика изменения абсолютной погрешности уровня от частоты для генераторов Rigol DSG3000 при выходной мощности 0 дБм

Говоря об амплитудных характеристиках того или иного прибора, потребители также обращают внимание на такой важный параметр, как погрешность уровня. Типичное значение абсолютной погрешности уровня в широком частотном диапазоне (от 100 кГц до 6 ГГц) при выходной мощности сигнала (от -110 дБм до +13 дБм) для генераторов Rigol DSG3000 составляет всего 0,5 дБ.

Для улучшения амплитудных характеристик в генераторах Rigol DSG3000 имеется функция автоматической регулировки уровня ALC (Automatic Level Control), которая сравнивает значение реальной амплитуды на выходе с заданной амплитудой. По результату сравнения прибор производит коррекцию выходной амплитуды сигнала, что обеспечивает более точную ее установку.

Таблица 1

КОМБИНИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОДУЛЯЦИИ

	Модуляция амплитуды	Модуляция частоты	Модуляция фазы	Импульсная модуляция	I/Q модуляция (опция)
Модуляция амплитуды	—	0	0	Δ	×
Модуляция частоты	0	—	×	0	0
Модуляция фазы	0	×	—	0	0
Импульсная модуляция	Δ	0	0	—	0
I/Q модуляция (опция)	×	0	0	0	—

0 — совместимость, × — несовместимость, Δ — совместимость (но не включается импульсная модуляция, понижается функция модуляции импульсности)

Еще одной функцией, которая реализована в высокочастотных генераторах Rigol DSG3000 и может быть полезной потребителям, является возможность свипирования. Прибор позволяет выполнять развертку по частоте (во всем диапазоне частот), по уровню, а также по частоте и уровню одновременно. Свипирование может быть выполнено как в пошаговом, так и в табличном режиме.

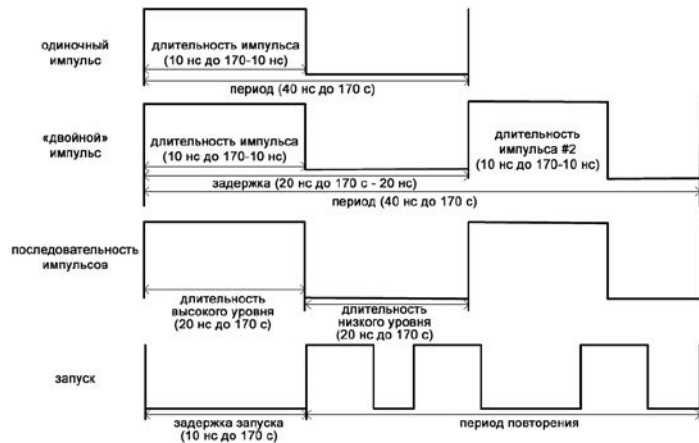


Рис. 8. Режимы работы импульсного генератора

В отличие от большинства конкурирующих моделей в стандартной конфигурации DSG3000 предусмотрена поддержка четырех типов модуляции. Пользователям доступны три типа аналоговой модуляции: амплитудная (АМ), частотная (ЧМ), фазовая (ФМ), а также импульсная модуляция.

При формировании сигналов с аналоговой модуляцией, источник модуляции может быть выбран внутренним, внешним или внутренним и внешним.

В первом случае, высокочастотная несущая модулируется внутренним НЧ-генератором с диапазоном частот до 1 МГц (на синусоидальном сигнале). При этом пользователь может и менять частоту и настраивать форму модулирующего сигнала.

При выборе внешнего источника модуляции генератор сигналов получает модулирующие сигналы через разъем «EXT MOD INPUT», расположенный на передней панели прибора. Естественно, при этом также возможно изменение формы модулирующего сигнала.

При выборе внутреннего и внешнего источника модуляции оба источника будут задействованы в генераторе и при этом возможно формирование двухтональных модулированных (АМ, ЧМ и ФМ) сигналов.

Процесс формирования импульсно-модулированных сигналов отличается от аналоговой модуляции. Пользователь может выбрать внутренний или внешний источник модуляции.

При выборе внутреннего источника модуляции встроенный импульсный генератор прибора подает модулирующий сигнал, а пользователь может настраивать тип импульсов, период повторения и длительность импульсов.

В стандартной комплектации пользователю доступен одиночный или двойной импульс. Но в качестве дополнительной функции (опция PUG-DSG3000) импульсный генератор может формировать последовательность импульсов, т.е. превращается в генератор паттернов. Следует заметить, что одновременно с генератором паттернов при активации опции PUG-DSG3000 пользователь получает возможность также использовать DSG3000 в качестве импульсного генератора.

В режиме внешнего запуска DSG3000 получает сигнал запуска от

внешнего источника, через разъем «Pulse In/Out», расположенный на задней панели прибора. Импульсная модуляция запускается при получении импульса TTL уровня заданной полярности.

Данный разъем по выбору пользователя может служить также и выходом импульсного генератора.

Режимы работы импульсного генератора приведены на рисунке 8.

Кроме этого, пользователю генератора DSG3000 доступна такая функция, как создание таблицы импульсов, которую можно сохранять как на внешний носитель, так и во внутреннюю память.



Рис. 9. Задняя панель ВЧ генератора сигналов Rigol DSG3000

На этом достоинства высокочастотных генераторов Rigol серии DSG3000 не заканчиваются. Пользователям данных приборов доступна возможность превратить DSG3000 в векторный генератор. Для этого необходимо приобрести опцию I/Q-модуляции (IQ-DSG3000).

Входы и выходы I/Q-модуляции («I IN», «Q IN», «I OUT», «Q OUT»), также как и выход импульсного генератора, расположены на задней панели прибора.

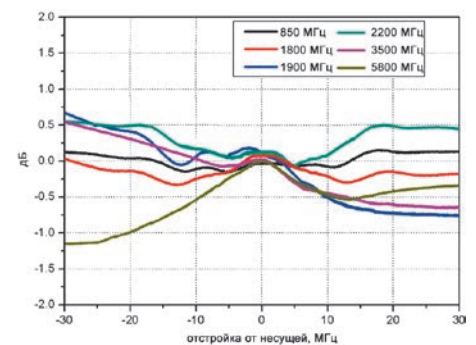


Рис. 10. Полоса частот I/Q модуляции при использовании внутреннего генератора модулирующего сигнала

Как и в случае аналоговой и импульсной модуляции, в данном случае, источник модуляции также может быть выбран как внутренним, так и внешним.

При выборе внутреннего источника модуляции встроенный генератор сигналов прибора создает модулирующие сигналы. При этом на разъемы «I OUT» и «Q OUT» подается синфазная (I: In-Phase) и квадратурная (Q: Quadrature Phase) составляющие I/Q модуляции. Полоса частот модулирующего сигнала от 0 до 30 МГц, модулированного ВЧ сигнала — до 60 МГц.

При выборе внешнего источника модуляции DSG3000 получает через

I/Q-модуляция (квадратурная модуляция) — это широко распространенный тип модуляции аналоговых и цифровых сигналов. Существует множество сфер применений, в которых используются цифровые модулированные сигналы, например, NFC, WCDMA, LTE, DVB-T.

В цифровой связи модуляция часто выражена в терминах I и Q (I — синфазный сигнал, Q — квадратурный сигнал). Это прямоугольное представление полярной системы координат. Диаграмма I/Q отображает траектории большинства сигналов цифровой связи, созданных при использовании I/Q модулятора. В передатчике I/Q сигналы смешиваются с сигналом местного гетеродина. Фазовращатель на 90 градусов размещен на одном из выходов местного гетеродина. Сигналы, разность фаз между которыми составляет 90 градусов, ортогональны друг другу; часто их называют квадратурными сигналами. Сигналы, находящиеся в квадратуре, не интерферируют между собой. Они являются двумя независимыми компонентами сигнала. После модулирования они суммируются в смешанный выходной сигнал. Существуют два независимых сигнала I и Q, которые могут быть переданы и приняты достаточно простыми аппаратными средствами. Это упрощает разработку устройств цифровой радиосвязи. Главным преимуществом I/Q (квадратурной) модуляции является симметричная простота комбинирования двух независимых сигнальных компонент в один смешанный сигнал и последующее разбиение этого смешанного сигнала на две независимые компоненты.

разъемы «I IN» и «Q IN» входящие синфазный немодулированный (I: In-Phase) и квадратурный модулирующий (Q: Quadrature Phase) сигналы I/Q модуляции. Полоса частот внешнего модулирующего сигнала от 0 до 60 МГц, модулированного ВЧ сигнала — до 120 МГц.

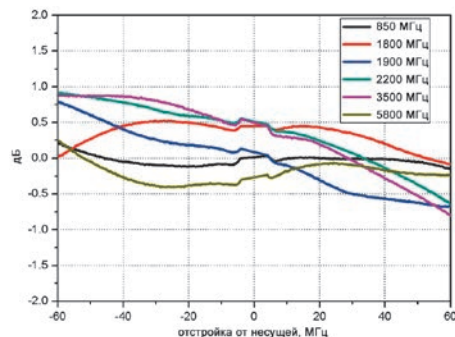


Рис. 11. Полоса частот I/Q модуляции при использовании внешнего модулирующего сигнала

Следует заметить, что в радиочастотных генераторах Rigol DSG3000 доступна реализация и одновременной (синхронной) модуляции, т.е. когда несколько видов модуляции могут быть включены в одно и то же время и комбинироваться (см. таблицу 1). Естественно, это накладывает определенные ограничения, т.к. это физически не всегда возможно реализовать одновременно.

Кроме вышеуказанных разъемов, на задней панели (рис. 9) находятся входы и выходы тактирования, выход свипирования, вход внешнего запуска, выход сигнала достоверности, а также интерфейсы связи с ПК и передачи данных и разъем для подключения USB-накопителя.

Как и большинство приборов

Rigol, генераторы серии DSG3000 предлагают широкий выбор интерфейсов для дистанционного управления и передачи данных, среди них: USB, GPIB и LAN. Причем, что стало уже традицией для приборов Rigol, генераторы DSG3000 соответствуют стандарту LXI-C.

Управление генераторами осуществляется при помощи универсального программного обеспечения Ultra Sigma и/или наборами SCPI-команд и поддерживают:

- Программное обеспечение NI Measurement & Automation Explorer от National Instruments;
- Программное обеспечение IO Libraries Suite от Keysight Technologies (Agilent Technologies).



Рис. 12. Высокочастотный генератор Rigol серии DSG800

Стоит заметить, что высокочастотные генераторы Rigol серии DSG3000 благодаря формированию спектрально-чистых сигналов, высокой функциональности и более низкой стоимости относительно конкурентов, сразу привлекли внимание специалистов. Данные приборы стали идеальным средством для разработчиков, ремонтников, на производстве и во многих других отраслях, связанных с использованием в

радиочастотном диапазоне до 6 ГГц. Но для большого круга пользователей такие высокие характеристики и функциональность могла оказаться излишней и платить за неиспользуемые возможности потребителям было бы неразумно.

Довольно большое количество измерительных задач в высокочастотной области не требует частотного диапазона до 6 ГГц. Большинство пользователей вполне могли бы обойтись и верхней границей частоты в 3 ГГц или даже менее.



Рис. 13. Задняя панель радиочастотных генераторов Rigol серии DSG800

Учитывая все эти тенденции, специалисты компании RIGOL Technologies, Inc. в середине 2015 года объявили о выпуске новой серии радиочастотных генераторов экономного класса — Rigol DSG800.

Аналогично серии DG3000, данная серия также представлена двумя моделями: DSG815 с диапазоном частот от 9 кГц до 1,5 ГГц и DSG830 (от 9 кГц до 3 ГГц) и расширяет линейку радиочастотных генераторов Rigol СВЧ диапазона в низкочастотную область и доводит модельный ряд приборов данного класса до четырех моделей.

Генераторы DSG800 выполнены в более компактном корпусе, имеют «упрощенные» технические характе-

Таблица 2

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ RIGOL

Характеристики / Модели	DSG815	DSG830	DSG3030	DSG3060
Диапазон частот	9 кГц...1,5 ГГц	9 кГц...3 ГГц	9 кГц...3 ГГц	9 кГц...6 ГГц
Количество поддиапазонов	5			
Разрешение по частоте	0,01 Гц			
Стабильность опорного генератора	<2 ppm; <5 ppb (с опцией ОСХО-B08)		<0,5 ppm; <5 ppb (с опцией ОСХО-A08)	
Старение	<1 ppm/год; <30 ppb/год (с опцией ОСХО-B08)		<1 ppm/год; <30 ppb/год (с опцией ОСХО-A08)	
Гармонические искажения	< -30 дБн			
Негармонические искажения (типичное)	< -70 дБн (≤1,5 ГГц)	< -70 дБн (≤1,5 ГГц) < -64 дБн (≤3 ГГц)	< -70 дБн (≤1,5 ГГц) < -64 дБн (≤3 ГГц)	< -70 дБн (≤1,5 ГГц) < -64 дБн (≤3 ГГц) < -58 дБн (≤6 ГГц)
Собственный фазовый шум (типичное) F=100 МГц @20 кГц	-105 дБн/Гц		-120 дБн/Гц	
Выходной уровень	-110 дБм...+13 дБм (нормир.); -110 дБм...+20 дБм (ненормир.)		-130 дБм...+13 дБм (нормир.); -140 дБм...+25 дБм (ненормир.)	
Разрешение по амплитуде	0,01 дБ			
Абс. погрешность уровня (F=100 кГц; +13 дБм...-60 дБм)	0,5 дБ (типичное)			
Сви́пирование	по частоте и по уровню			
Внутренний модуляц. генератор (LF)	DC...200 кГц		0,1 Гц...1 МГц	
Типы модуляций	AM, ЧМ, ФМ, импульсная (опция DSG800-PUM)		AM, ЧМ, ФМ, импульсная, IQ (опция IQ-DSG3000)	
Импульсный генератор	опция DSG800-PUM		штатно	
Генератор паттернов	опция DSG800-PUG		опция DSG3000-PUG	
Интерфейсы	USB-host, USB-device, LAN		USB-host, USB-device, LAN, GPIB	
Дисплей	ЖК 3,5" TFT (320x240)		ЖК 4,3" TFT (480x272)	
Габаритные размеры	261,5 x 112 x 318,4 мм		364 x 112 x 420 мм	
Вес	4,2 кг		6,4 кг	

ристики по сравнению с серией DSG3000, общая функциональность обеих серий осталась примерно одинаковой, правда ряд возможностей, которые были штатно реализованы в DSG3000, в серии DSG800 доступны в качестве дополнительных опций. Это относится, например, к импульсной модуляции. Также не предусмотрена возможность использовать новые приборы в качестве векторного генератора, т.к. отсутствует функция формирования IQ-модулированных сигналов. Правда, это компенсируется стоимостью новых генераторов. Сравнивая розничные цены генераторов с частотным диапазоном до 3 ГГц DSG830 и DSG3030 можно увидеть, что стоимость DSG830 в 2 раза меньше, чем у DSG3030. Что же тогда говорить о сравнении с аналогичными приборами таких брендов, как Keysight Technologies или Rohde & Schwarz.

Различия в характеристиках и возможностях высокочастотных генераторов Rigol обеих серий приведены в таблице 2.

Из сравнительной таблицы 2 видно, что генераторы DSG800 также могут дистанционно управляться, как и приборы серии DSG3000. Правда, у них нет интерфейса GPIB. Управление осуществляется при помощи программного обеспечения Ultra Sigma и/или наборами SCPI-команд. Отсутствие GPIB интерфейса, невозможность формирования сигналов IQ модуляции и более компактные размеры приборов DSG800 отразилось на задней панели генераторов.

В DSG800 сохранены возможности по внешнему тактированию (вход и выход 10 МГц). На задней панели также установлены разъем сигнала достоверности, разъем входа внешнего запуска и разъем входа/вы-

хода импульсов. На заднюю панель перенесен разъем входа для внешнего модулирующего сигнала (у DSG3000 он находится на передней панели). Кроме того, у DSG800 нет выхода свипирования.

Данный обзор ставил перед собой целью ознакомить читателей журнала с высокочастотными генераторами Rigol, которые, несмотря на известность самой торговой марки, пока еще только завоевывают популярность в данном сегменте рынка измерительного оборудования в России. Благодаря этому обзору пользователи смогут сделать выбор в пользу радиочастотных генераторов Rigol, особенно учитывая тот факт, что по цене прибора экономного класса, они получают высочайшую функциональность, спектральную чистоту сигнала и наличие трехлетней гарантии.

Редакция благодарит компанию RIGOL Technologies, Inc. и официального дистрибьютора Rigol на территории РФ и стран СНГ ООО «Ирит» (www.irit.ru) за предоставленные материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонский А.А., Гуськов А.А. Современные анализаторы спектра Rigol. Журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы», 2015, № 5.
2. Афонский А.А. Современные высокостабильные источники питания Rigol. Обзор. Журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы», 2014, № 5.
3. Афонский А.А. Новейшие универсальные цифровые генераторы Rigol серии DG1000Z. Журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы», 2014, № 2.
4. Афонский А.А. Обзор цифровых осциллографов Rigol серии DS1000Z. Журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы», 2013, № 6. ☑

We keep on publishing the series of review articles dedicated to the products of RIGOL Technologies, Inc. — the fastest growing Chinese company working in the field of measuring equipment. In 2013-2014 there was a detailed review on RIGOL digital oscilloscopes, general purpose signal generators and programmable power supplies. In KIPiS 2015 № 6 we wrote about up-to-date RIGOL spectrum analyzers in the article of the same name. In this article you will learn about one more product line which is RF and vector signal generators.

LXI (LAN eXtensions for Instrumentation) — гибкий высокоскоростной стандарт коммуникационных протоколов измерения и сбора данных для приборов с помощью универсального интерфейса LAN (Ethernet), разработанный отраслевым LXI консорциумом. Главной задачей LXI консорциума является обеспечение совместимости вновь разрабатываемых различными производителями контрольно-измерительных приборов, а так же гарантия поддержки существующих интерфейсов GPIB, VXI и PXI.

Классы устройств LXI

Класс С является базовым. Приборы класса В имеют дополнительные возможности запуска по локальной сети и поддержки синхронизации. Класс А удовлетворяет требованиям классов С и В с дополнением в виде аппаратной шины синхронизации с низкой задержкой передачи (эта шина обеспечивает максимально возможную скорость отклика на событие запуска).

Класс С — базовый класс LXI, его требованиям должны отвечать все остальные классы. Оборудование этого класса обладают функциями обнаружения и конфигурации сети, имеет Web-интерфейс, поддерживает протоколы Ethernet и соответствует физическим требованиям стандарта. Устройства не предъявляют требований к запуску событий/процессов. Допускает используемые отдельными производителями средства аппаратного запуска и запуск по LAN.

Оборудование класса В соответствует всем требованиям класса С, имеет возможность запуска по LAN и поддержку протокола синхронизации IEEE 1588. Режимы передачи «точка-точка» и «запуск группы» (бродкастинг) в запуске событий/процессов LAN применяются в стандарте LXI специально для запуска устройств и приборов, что дает системам LXI гибкость, недоступную прежним архитектурам. В стандарте IEEE 1588 устройства LXI класса В синхронизируют свои тактовые генераторы для достижения единой установки времени измерений или выходных сигналов без использования специальных кабелей синхронизации и возможности проставлять отметку времени на все события и данные. Стандарт IEEE 1588 в сочетании с запуском по LAN позволяет передавать информацию и данные о времени без использования компьютера, работающего в режиме реального времени. Потенциал этих возможностей еще только исследуется.

Оборудование класса А удовлетворяет всем требованиям классов С и В, к которым добавлена шина аппаратного запуска. Восемиканальная аппаратная шина M-LVDS (Multipoint-Low Voltage Differential Signaling — многоточечная дифференциальная шина сигналов низкого напряжения) может соединять находящиеся на близком расстоянии друг от друга устройства по схеме последовательной цепи или звезды, а также комбинируя эти две топологии. Шина запуска обеспечивает прохождение сигнала между приборами с крайне незначительной задержкой — порядка 3 нс/м.

Подробнее читайте в Энциклопедии измерений (www.kipis.ru/info).

