

# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БЫСТРО ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ ВЧ/СВЧ СИГНАЛОВ

## MODERN TEST METHODS FOR FAST SWITCHING RF/MICROWAVE SIGNAL GENERATION

Джон Страттон (John Stratton), Agilent Technologies

В последние 20-25 лет использовались разные способы реализации генераторов сигналов. В зависимости от первичного назначения и бюджета компании предпочтение оказывалось той или иной конструкции. По способу применения генераторы сигналов можно разделить на три основные категории: тестирование компонентов, например, усилителей, тестирование приемников и имитация передатчиков во время функциональных тестов. Во всех этих случаях хорошо было бы иметь генератор, способный с максимальной скоростью перестраиваться с одной частоты на другую, что позволило бы поднять производительность производственных линий или использовать генератор для тестирования радиостанций с быстро меняющейся частотой. Однако при тестировании радаров со скачкообразной перестройкой частоты выбор генераторов, способных обеспечить необходимые частотные скачки, весьма ограничен в связи с очень высокой скоростью скачков и, как следствие, малыми временами установки. Было бы приемлемо, если такая система тестирования должна была работать с простой частотной модуляцией (ЧМ) или использовалась бы в качестве быстроперестраиваемого гетеродина. Но, к сожалению, генераторы такого класса не поддерживают сложные виды модуляции, используемые в последних поколениях устройств беспроводной связи и в военных коммуникационных стандартах. В результате приходится покупать несколько генераторов, что значительно увеличивает стоимость оборудования и эксплуатационные расходы. Однако с развитием технологий появилась новая архитектура приборов, которая призвана удовлетворить большинство, если не все требования, предъявляемые этими приложениями, и которую можно применять и в научных исследованиях, и на производстве, и в крупных автоматических системах тестирования на военных предприятиях. В этой статье обсуждается новый генератор сигналов, построенный по принципу синтетического прибора (SI), состоя-



### Agilent Technologies

щий из генератора сигналов произвольной формы (AWG) и векторного преобразователя частоты, который можно использовать во всех этих приложениях, не жертвуя производительностью или гибкостью.

#### ЧТО ТАКОЕ ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ, ПОСТРОЕННЫЙ ПО ПРИНЦИПУ СИНТЕТИЧЕСКОГО ПРИБОРА?

Прежде чем говорить о том, что представляет собой генератор сигналов, построенный по принципу синтетического прибора, давайте кратко обсудим саму концепцию синтетических приборов. Существует организация, которая называется Рабочей группой по синтетическим приборам<sup>1</sup> (SIWG), которая определила синтетический при-

модулирующего сигнала, которое может работать на персональном компьютере или на AWG.

#### ЧЕМ ОТЛИЧАЕТСЯ ЭТА АРХИТЕКТУРА?

Основное преимущество синтетического генератора в том, что он позволяет инженеру выбирать именно те характеристики, которые нужны для тестируемого устройства. Такая гибкость, например, позволяет выбрать только недорогой AWG и ВЧ преобразователь, если предстоит тестировать узкополосные низкочастотные устройства. Однако, если по мере разработки новых продуктов потребуется более широкая полоса или более высокие частоты, вам будет достаточно обновить AWG или векторный преобразователь частоты. Это позволяет сэкономить средства, оплачивая только те характеристики, которые нужны для решения текущих задач.

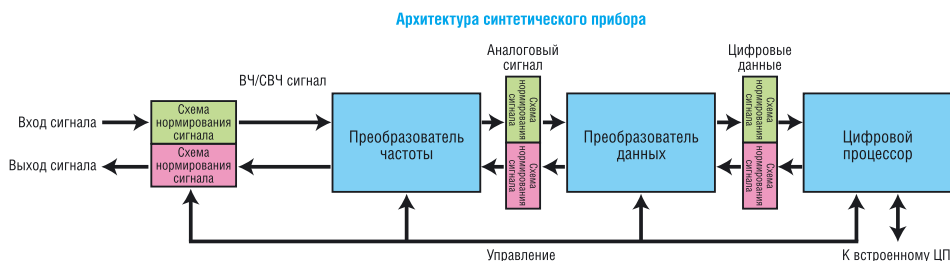


Рис. 1. Функциональная схема синтетического прибора

бор, как комбинацию аппаратных и программных модулей, объединенных для эмуляции функций обычного прибора, как показано на рис. 1. SIWG занимается разработкой стандартов на межмодульные интерфейсы, что облегчает обеспечение операционной совместимости между модулями разных производителей, продлевая, тем самым, срок службы систем тестирования и обеспечивая возможность обновления. В конкретном случае генератора сигналов эти модули включают векторный преобразователь частоты, генератор сигналов произвольной формы (AWG) и программное обеспечение генерации

Теперь, когда мы знаем, что такое синтетический генератор сигналов, как это поможет ускорить его работу? Традиционные генераторы сигналов характеризуются скоростью перестройки, которая определяется временем, необходимым для перестройки генератора с одной частоты на другую и стабилизации сигнала по частоте и амплитуде. В настоящее время большинство популярных генераторов построены на базе перестраиваемых задающих ЖИГ-генераторов (железобитриевый гранат), которые и являются основным фактором, ограничивающим скорость перестройки. Одним существенным преимуществом генераторов этого класса являются дополнительные встроенные I/Q модуляторы и AWG, которые позволяют создавать сигналы со сложными типами модуляции. И хо-

<sup>1</sup> Рабочая группа по синтетическим приборам — объединенный проект, в котором принимает участие министерство обороны, основные подрядчики и поставщики оборонной промышленности.

тя скорость перестройки приборов этого класса постоянно улучшается, имеющиеся в настоящее время изделия обеспечивают время переключения всего 100-200 миллисекунд. Такой производительности вполне достаточно для серийно выпускаемых беспроводных устройств, но даже близко не хватает для радаров со скачкообразной перестройкой частоты. Другой возможностью является применение полосового синтезатора, прецизионный гетеродин которого приходится многократно умножать, делить и удваивать для получения нужной частоты основной гармоники. Такая технология позволяет сократить время перестройки до 1 миллисекунды, что обеспечивает скорость, достаточную для многих радарных приложений и даже для некоторых тактических радиостанций, подобных Link-16. Однако такая конструкция не обеспечивает необходимой гибкости в выборе типов

ры сигналов не обеспечивают должной производительности, поэтому пользователи вынуждены применять заказные генераторы или использовать для тестирования своих устройств (радиостанций Link-16) метод «эталонного радио». Такие варианты отличаются либо высокой стоимостью, либо недостаточным уровнем поддержки, либо не обеспечивают необходимой точности измерений для оценки рабочих параметров радиостанций. В отличие от Bluetooth, последовательность частотных скачков Link-16 определяется защищенным криптографическим блоком, который говорит радиостанции на какую частоту надо настроиться, чтобы принять очередное сообщение. Это дополнительное требование вынуждает производителей использовать «пугающий» метод эталонного радио или применять заказной генератор сигналов, который затрудняет применение тестовой системы для измерений общего характера.

ков, как правило, пользователю неизвестна, необходим некоторый интерфейс с криптографическим блоком. Цифровая команда, поступающая с криптографического блока, говорит AWG какой сегмент памяти сигнала надо воспроизвести для обеспечения необходимого соединения.

4. Векторный преобразователь частоты. — ВЧ модулятор должен иметь полосу, соответствующую полному диапазону скачкообразной перестройки (255 МГц).

Новейший микроволновый генератор сигналов компании Agilent, построенный по принципу синтетического прибора, показан на приведенном ниже рисунке. Он состоит из необходимых ключевых синтетических модулей. На рис. 2 показан генератор сигналов произвольной формы компании Agilent (N8241A), работающий со скоростью 1,25 Г выб./сек (500 МГц), с дополнительным прямым секвенсором (для внешнего управления памятью последовательностей) и векторный 20-гигагерцовый преобразователь частоты Agilent N8212A, который обеспечивает перестройку в диапазоне от 250 кГц до 20 ГГц (внешние входы I/Q с полосой до 1 ГГц).

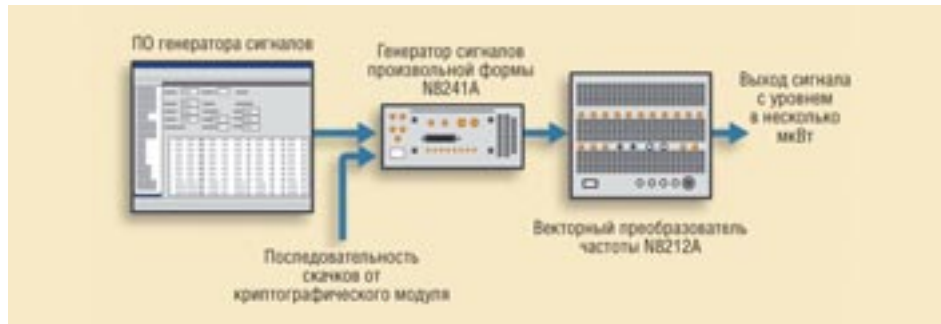


Рис. 2. Синтетический генератор сигналов компании Agilent

модуляции для современной цифровой связи (Link-16). Ключ к решению этой, на первый взгляд, парадоксальной проблемы заключается в применении сверхширокополосного генератора сигналов произвольной формы в совокупности с векторным преобразователем частоты со сверхширокополосным модулятором.

### ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ РАДИОСТАНЦИИ LINK-16

Радиостанция Link-16 является хорошим примером того, как синтетический прибор позволяет решить проблемы высокой скорости переключения и обеспечить гибкость, необходимую для современных сложных типов модуляции. Но начнем мы с краткого описания радиостанции Link-16. Link-16 представляет собой децентрализованную самоорганизующуюся (ad-hoc) радиосеть, которая использует частотные скачки для предотвращения помех или наложений, чем сильно напоминает популярную сеть Bluetooth. Сложности генерации сигналов Link-16 связаны с присущей им высокой скоростью коммутации (в субмикросекундном диапазоне) и с применением модуляции MSK (манипуляция минимальным сдвигом) для кодирования данных. Выпускаемые в настоящее время серийные генераторы

Однако теперь появились технологии, способные решить эту очень сложную проблему с помощью генератора сигналов, построенного по принципу синтетического прибора (см. рис. 2). Для ясности рассмотрим эти сложные требования поочередно.

1. Сложные типы модуляции. — Применение AWG обеспечивает гибкость, позволяющую создать практически любой тип модуляции и соответствующие данные.

2. Очень быстрая перестройка частоты. — Вместо того, чтобы пытаться перестраивать векторный I/Q преобразователь частоты в соответствии с требованиями криптографического блока, можно настроить векторный преобразователь на нужную частоту и изменять частоту цифровым способом с помощью AWG. Полоса AWG (частота дискретизации) должна быть не уже диапазона скачкообразной перестройки (255 МГц для Link-16), и затем инженер-метролог может запрограммировать все возможные частоты (в диапазоне модулирующего сигнала) нужными формами сигналов, которые потом можно выводить в соответствующем порядке. Это полностью эквивалентно быстро перестраивающейся радиостанции.

3. Криптографический интерфейс. — Поскольку последовательность скач-

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хотя пример радиостанции Link-16 может показаться экстремальным случаем генерации сложного сигнала, серийно выпускаемые беспроводные устройства постоянно используют все новые и новые форматы модуляции и частотные каналы для удовлетворения постоянно растущих требований беспроводных приложений. Скорость перестройки всегда была основным параметром, по которому оценивалось качество генераторов сигнала, однако с появлением новых генераторов, построенных по принципу синтетического прибора, следует учитывать новую парадигму. Сегодня, решения на основе синтетического прибора могут оказаться дороже традиционных генераторов сигнала, если вам не нужно ничего, кроме узкой полосы в ВЧ диапазоне. Однако высокопроизводительные цифро-аналоговые преобразователи постоянно совершенствуются и дешевеют, что в скором времени сделает этот тип продуктов доступным каждому инженеру или производителю. ☑

*This paper will discuss how this new Synthetic Instrument (SI) signal generator, comprising of an Arbitrary Waveform Generator (AWG) combined with a Vector Up-Converter can be used in all these applications without compromising performance or flexibility.*