Keysight Technologies

Создание испытательных сигналов, имитирующих несколько источников излучения, с помощью программных средств и измерительных приборов

Рекомендации по применению

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Современные радиолокационные станции (РЛС) и системы радиоэлектронного подавления (РЭБ) работают в условиях всё большего загрязнения радиочастотного спектра сигналами помех. Например, радиоэфир в городских условиях может включать бесчисленное множество источников излучения в РЧ- и СВЧ-диапазонах, которые являются потенциальными источниками помех. К таким источникам можно отнести инфраструктуру систем беспроводной связи, беспроводные компьютерные сети и РЛС гражданского назначения. Оценка функционирования аппаратных средств систем РЛС/РЭБ с использованием различных высокореалистичных сценариев испытаний может помочь определить характеристики систем в присутствии множества сигналов помех.

Для тестирования устройств на этапе разработки одна из возможностей заключается в том, чтобы захватить реальные сигналы в полевых условиях и затем воспроизвести их в лаборатории. В качестве, возможно, более удобной альтернативы для создания высокореалистичных испытательных сигналов нескольких источников излучения можно использовать программное приложение, такое как САПР SystemVue компании Keysight. Эти сложные сигналы можно загрузить в прецизионный генератор сигналов произвольной формы, который может воспроизвести их для тестирования устройств в лабораторных условиях.

Используя такую комбинацию программных и аппаратных средств, можно изменять частоту, уровень мощности и полосу частот источников излучения, нарушающих нормальную работу системы, включая имитацию масштабируемых источников излучения, таких как сигналы систем связи с множественным доступом с ортогональным частотным разделением каналов (OFDMA). Один из ключевых высокоэффективных методов, используемых для этого, реализован в функции, получившей название SignalCombiner (функция комбинирования сигналов), которая используется в САПР SystemVue компании Keysight. Эта функция посредством повторной дискретизации объединяет множество несвязанных сигналов в один для изучения влияния сигналов помех, поддержки многостандартной радиосвязи (MSR) и многого другого.

В данных рекомендациях по применению сформулирована основная проблема и приведено техническое решение для генерации и анализа сигналов на базе аппаратных и программных средств. Здесь мы рассмотрим два примера. Основные результаты включают создание испытательных сигналов, имитирующих несколько источников излучения, демодуляцию с целью анализа значений модуля вектора ошибки (EVM) и создание сценария, содержащего 16 сигналов РЛС.

Проблема: создание испытательных сигналов, имитирующих несколько источников излучения

Источники моделируемых сигналов обычно применялись в средах проектирования на системном уровне (ESL) или средах автоматизации проектирования электронных устройств (EDA) для разработки РЧ-систем или схем. До последнего времени они использовались для разработок одного формата в таких областях, как беспроводная связь, беспроводные компьютерные сети и радиолокация.

В таких случаях временной шаг моделирования или частота дискретизации устанавливаются в соответствии с конкретным форматом исследуемого сигнала. Например, при моделировании систем LTE для сигнала частотой 15,36 МГц частота дискретизации может быть установлена с коэффициентом 2 (30,72 МГц) или 4 (61,44 МГц).

При моделировании использование одной частоты дискретизации для одного сигнала — относительно простой процесс. Однако, современные реальные сценарии создания сигналов намного сложнее. Для большинства инструментальных средств EDA или ESL объединение нескольких типов сигналов, которые используют разные значения частоты дискретизации, может оказаться достаточно сложной задачей. В качестве примера представим объединение радиолокационного сигнала, сигнала системы LTE и сигнала беспроводной компьютерной сети стандарта 802.11ac (WLAN). Достижение общей частоты дискретизации требует нахождения приемлемых коэффициентов повышения или понижения частоты дискретизации для каждого сигнала. Такой уровень сложности представляет собой серьёзное препятствие для создания реалистичных сценариев, которые содержат несколько источников излучения.

Решение: ПО и конфигурация измерительных приборов

Недавно компания Keysight решила эту задачу, используя достижения в методах повторной дискретизации сигналов произвольной формы. Новые возможности позволяют проводить повторную дискретизацию и комбинирование нескольких типов сигналов, которые имеют разные полосы частот.

В среде SystemVue функция SignalCombiner позволяет создавать и комбинировать сигналы нескольких источников излучения внутри среды моделирования. Посредством повторной дискретизации несколько источников излучения комбинируются в один сигнал, форма которого может быть загружена в прецизионный генератор сигналов произвольной формы, такой как M8190A компании Keysight, для воспроизведения (рисунок 1). Поскольку M8190A одновременно обеспечивает и высокое разрешение, и широкую полосу частот, он очень хорошо подходит для тех прикладных задач, где требуется воспроизведение сложных сигналов с высокой точностью.

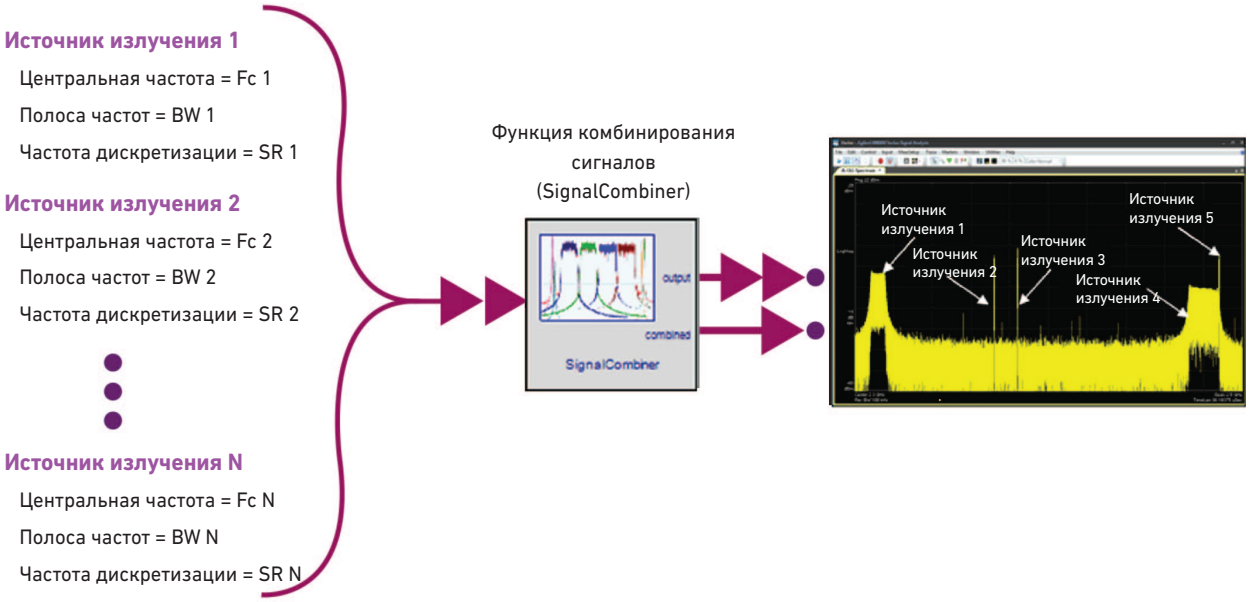

Рисунок 1 — Функция SignalCombiner выполняет повторную дискретизацию сигналов нескольких источников излучения и синтезирует один сигнал, который можно использовать в качестве сигнала стимула при тестировании устройства.

На рисунке 2 показан экран SystemVue, снабжённый комментариями. В этом примере два радиолокационных сигнала суммируются с несколькими сигналами беспроводной связи: GSM, EDGE, LTE и WCDMA. Каждый сигнал на входе функции SignalCombiner имеет уникальные значения центральной частоты, полосы частот и частоты дискретизации. Для обеспечения совместимости с режимом M8190A, обеспечивающим разрешение 14 бит, была установлена частота дискретизации 8 Гвыб/с. Результирующий сигнал нескольких источников излучения был затем загружен в генератор сигналов произвольной формы.

Следует упомянуть о двух замечаниях. Во-первых, сигналы LTE и WCDMA присутствуют в библиотеке сигналов SystemVue, содержащих модели источников, приёмников, модулей канала и примеры разработок, которые согласуются со стандартами физического уровня. В отличие от них, GSM и EDGE представляют собой устаревшие типы сигналов, поэтому были использованы сигналы на базе файлов.[1] Во-вторых, продолжительность воспроизведения комбинированного сигнала ограничена глубиной доступной памяти сигнала, максимальное значение которой в M8190A составляет 2 Гвыб/канал. Это позволяет выбрать оптимальное соотношение между частотой дискретизации и временем воспроизведения сигнала.

1. Модели сигналов стандартов GSM и EDGE были реализованы вместе с версией 2013.03 САПР SystemVue и в настоящее время доступны.

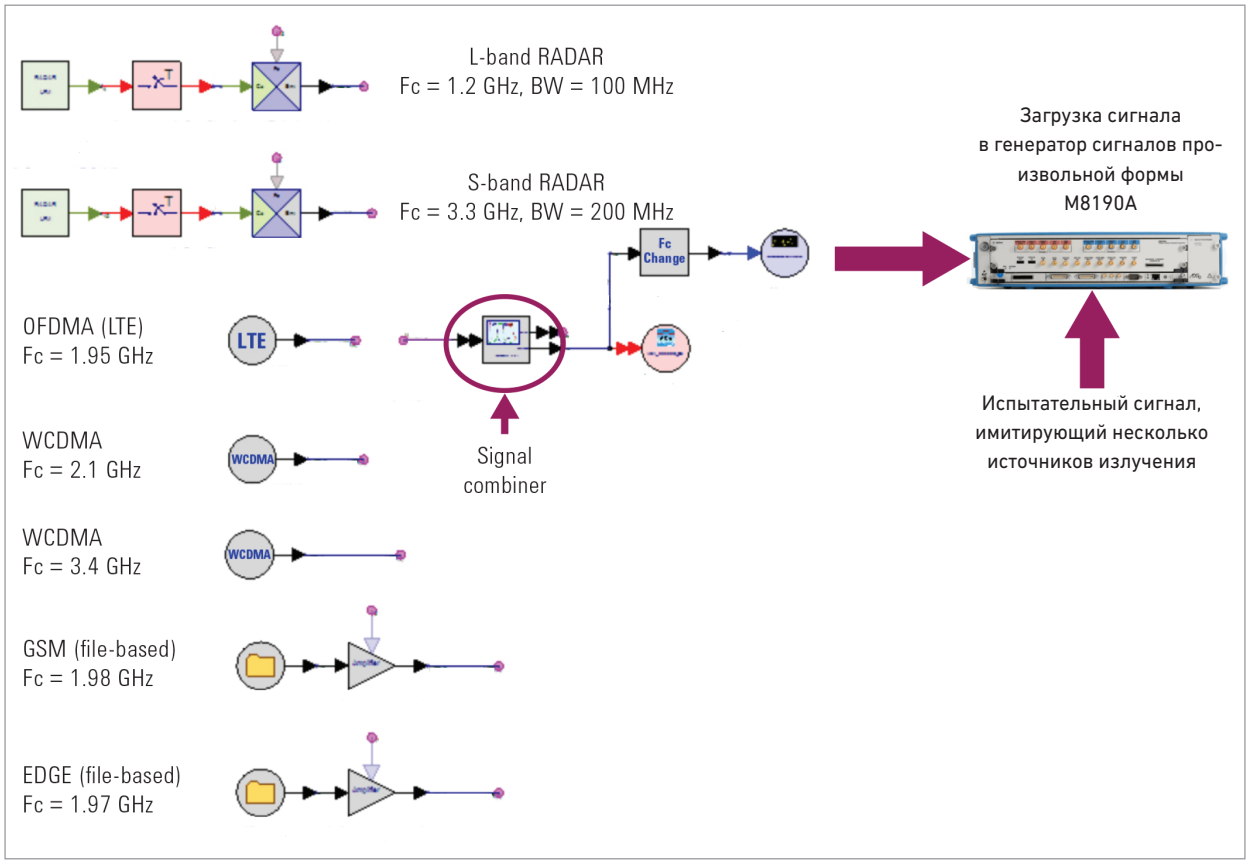

Рисунок 2 — В среде SystemVue несколько типов источников излучения обрабатываются функцией SignalCombiner перед загрузкой в генератор сигналов произвольной формы M8190A для воспроизведения.

Полная конфигурация программных и аппаратных средств, показанная на рисунке 3, содержит следующие элементы:

- W1461BP: среда моделирования SystemVue обеспечивает функцию SignalCombiner и возможность подключения к оборудованию. Библиотеки моделей для РЛС (W1905), LTE-Advanced (W1918), 3G (W1916) и других стандартов.
- M8190A: генератор сигналов произвольной формы обеспечивает разрешение 12 бит при частоте дискретизации до 12 Гвыб/с и 14 бит при частоте дискретизации до 8 Гвыб/с. Его два выходных канала могут быть использованы для управления широкополосными I- и Q-входами векторного генератора сигналов E8267D серии PSG .
- E8267D с опцией 016: векторный генератор сигналов серии PSG может использоваться для модуляции и повышающего преобразования модулирующих I — и Q-сигналов, вырабатываемых генератором сигналов произвольной формы. Максимальное значение несущей частоты равно 44 ГГц.
- DSAX96204Q: осциллограф семейства Infiniium с высокими характеристиками обеспечивает полосу пропускания 62 ГГц для анализа сверхширокополосных сигналов.
- PXA: анализатор сигналов обеспечивает перекрытие по частоте от 3 Гц до 50 ГГц.
- 89600: лидирующее в отрасли программное обеспечение векторного анализа сигналов (VSA) поддерживает более 70 стандартов сигналов и видов модуляции. Обеспечивает возможности анализа во временной, частотной и модуляционной областях.

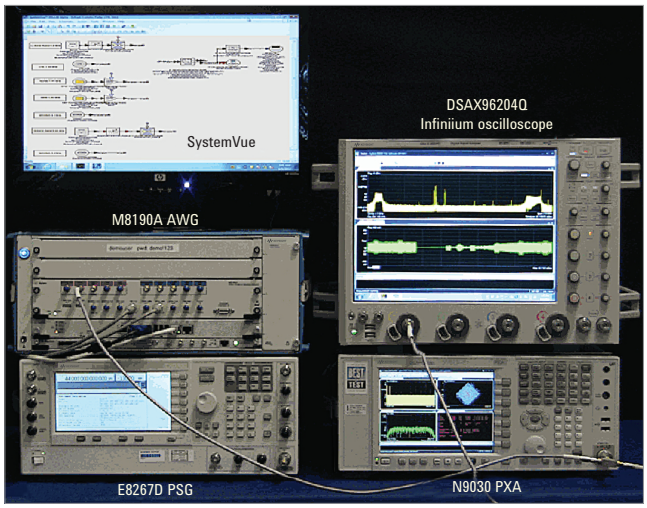

Рисунок 3 - Данная конфигурация аппаратных и программных средств образует экономичное техническое решение для создания и анализа сценариев сигналов, имитирующих несколько источников излучения.

В данной примерной конфигурации САПР SystemVue для проектирования на системном уровне (ESL) работает на встроенном контроллере, установленном в одно шасси с генератором сигналов произвольной формы M8190A (AWG). Программное обеспечение 89600 VSA, которое обеспечивает возможности демодуляции, в данном случае запущено на осциллографе, но может также работать и на анализаторе сигналов серии PXA.

Важное замечание: в отличие от дорогих испытательных систем, которые создают сценарии сигналов в реальном времени и занимают несколько стоек, данная примерная конфигурация вырабатывает сигналы, имитирующие несколько источников излучения, обрабатывая данные в так называемом пакетном режиме. Когда функция SignalCombiner выполняет повторную дискретизацию, соответствующую значению частоты дискретизации 8 Гвыб/с, создание сигнала может занять много времени, в зависимости от сложности, частоты дискретизации и общего времени воспроизведения.

По сравнению с системами реального времени конфигурация, приведённая в данном примере, способна обеспечить часть их возможностей. Но тем не менее она достаточна для значительного числа вероятных вариантов использования при тестировании на этапе НИОКР. Кроме того, данная конфигурация имеет намного меньшую стоимость. Это позволит снабдить разработчиков или группы разработчиков индивидуальными системами, что облегчает анализ различных сценариев перед тестированием устройства с помощью системы реального времени.

Что использовать — осциллограф или анализатор спектра?

Требования, предъявляемые к анализу, помогут определить, что следует использовать в каждом конкретном случае — осциллограф или анализатор сигналов. Ключевыми факторами являются полоса анализа и требуемое число измерительных каналов. Дополнительные показатели включают: динамический диапазон, уровень паразитных составляющих и измерения модуля вектора ошибки (EVM).

В настоящее время максимальная полоса анализа высокопроизводительных анализаторов сигналов составляет 160 МГц. Таким образом, если требуется, чтобы полоса анализа была 160 МГц или меньше, то можно использовать либо анализатор сигналов, либо осциллограф. Если требуется более широкая полоса анализа, то лучше использовать осциллограф с высокими техническими характеристиками.

Если требуется несколько фазово-когерентных каналов, то часто лучшим выбором является осциллограф. Если достаточно одного канала, то анализатор сигналов, такой как PXA, обычно имеет преимущество в других показателях: динамический диапазон, уровень паразитных составляющих, характеристики измерения EVM и скорость измерения.

Результаты, часть 1: среда, включающая несколько источников излучения сигналов РЛС и беспроводной связи

Для создания широкополосного сигнала нескольких источников излучения были использованы SystemVue, функция SignalCombiner и генератор сигналов произвольной формы M8190A. Измерение этого сигнала проводилось с помощью осциллографа с полосой пропускания 62 ГГц и программного обеспечения 89600 VSA, которое было запущено на осциллографе.

На верхнем графике рисунка 4 показано отображение в частотной области. Частотный спектр включает семь сигналов, которые расположены слева направо: РЛС L-диапазона, LTE, EDGE, GSM, WCDMA, РЛС S-диапазона и WCDMA. На нижнем графике показан этот комбинированный сигнал во временной области, который был загружен и воспроизведен генератором M8190A, а затем захвачен осциллографом.[2]

Осциллограф DSAX96204Q с программным обеспечением 89600 VSA позволяет проводить анализ широкополосных сигналов L-, S-, X-, Ku- и Ka-диапазонов. Хотя на рисунке 4 показаны только сигналы L- и S-диапазонов, предложенная конфигурация использовалась для создания и анализа нескольких источников излучения РЛС в диапазоне частот с центральной частотой 40 ГГц и шириной 2 ГГц.

На рисунке 5 показаны значения модуля вектора ошибки (EVM), полученные в результате демодуляции источников излучения сигналов GSM, EDGE, LTE и WCDMA. Для анализа каждого источника излучения в модуляционной области при проведении этих измерений был использован анализатор сигналов PXA. Для демодуляции каждого типа сигналов использовалось программное обеспечение 89600 VSA, которое работало внутри PXA.

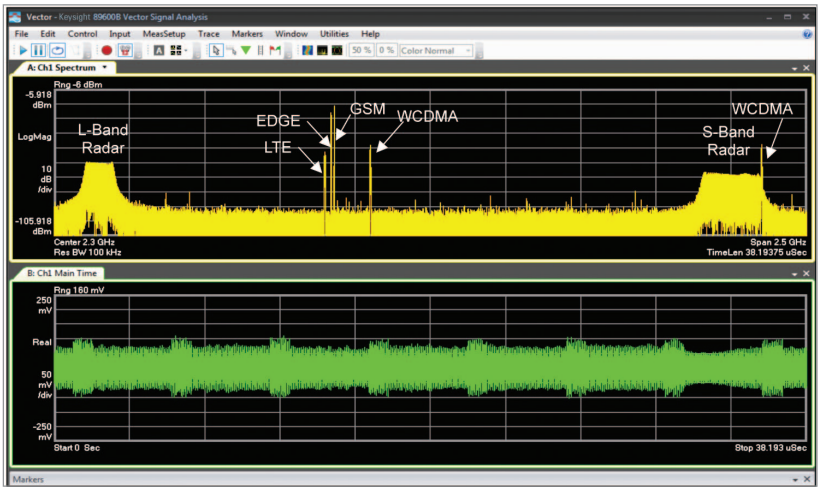

Рисунок 4 — На верхнем графике результаты измерения, полученные с помощью осциллографа с полосой пропускания 62 ГГц и программного обеспечения 89600 VSA, выявляют все семь источников излучения, предусмотренные сценарием, созданным с помощью SystemVue и функции SignalCombiner.

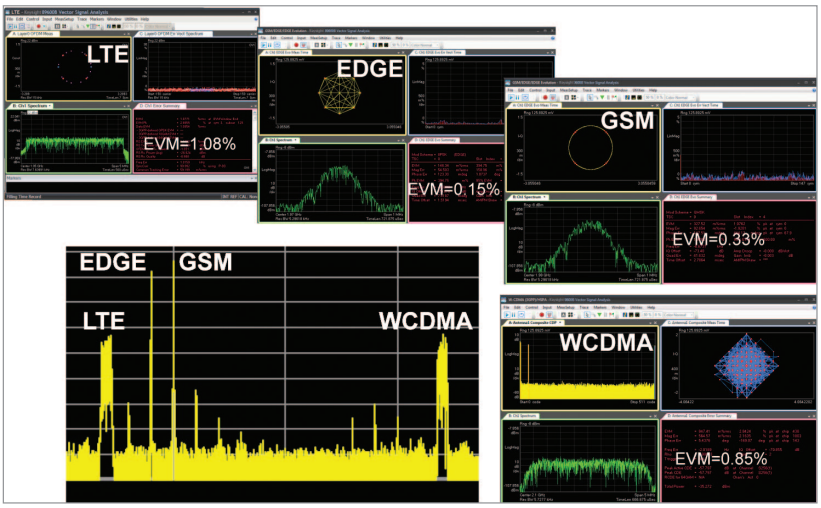

Рисунок 5 — В результате демодуляции с помощью анализатора сигналов PXA и программного обеспечения 89600 VSA отображаются значения EVM для сигналов беспроводной связи: LTE (1,08%), EDGE (0,15%), GSM (0,33%) и WCDMA (0,85%).

2. Сигнал, загруженный в M8190A, являлся реальным представлением комбинированной огибающей семи сигналов, использованных в данном сценарии.

Результаты, часть 2: создание среды, включающей несколько источников излучения сигналов РЛС

Та же самая конфигурация системы может быть использована для создания сценария, содержащего 16 сигналов РЛС. В этом примере восемь сигналов являются сигналами с кодом Баркера, а другие восемь — радиоимпульсами с ЛЧМ. Для простоты все сигналы были заданы с одинаковой длительностью импульсов и одинаковым периодом повторения импульсов (PRI); однако, эти параметры можно легко изменить. Индивидуальные сигналы несущей частоты были разнесены с интервалом 120 МГц, и каждый сигнал имел полосу частот 80 МГц.

На рисунке 6 показан проект в среде SystemVue, которая была использована для создания этого сценария. Функция SignalCombiner выполнила повторную дискретизацию и настройку всех 16 сигналов, частота дискретизации для вывода сигнала была установлена равной 8 ГГц, чтобы соответствовать режиму работы M8190A с разрешением 14 бит и частотой дискретизации 8 Гвыб/с.

В среде SystemVue "двухканальный приёмник данных" M8190A используется для загрузки моделирующих сигналов I и Q в каналы 1 и 2 генератора сигналов произвольной формы. В данном случае сигналы I и Q были поданы на широкополосные I/Q-входы генератора сигналов серии PSG с опциями 016 и H18, который модулирует несущую частоту 10 ГГц сложными сигналами.

Данный сигнал для анализа был подан с выхода генератора сигналов серии PSG на вход осциллографа с программным обеспечением 89600 VSA. На верхнем графике рисунка 7 показан частотный спектр измеряемого сигнала. Все 16 сигналов чётко видны:

- Восемь сигналов, использующих код Баркера, создают чёткие частотные пики, приблизительно соответствующие значениям: 9,12; 9,48; 9,72; 10,20; 10,56; 10,68 и 10,92 ГГц.
- Радиоимпульсы с ЛЧМ создают пики с относительно плоскими вершинами в частотном спектре. Центральные частоты этих пиков приблизительно соответствуют значениям: 9,24; 9,36; 9,60; 9,96; 10,08; 10,32; 10,44 и 10,80 ГГц.

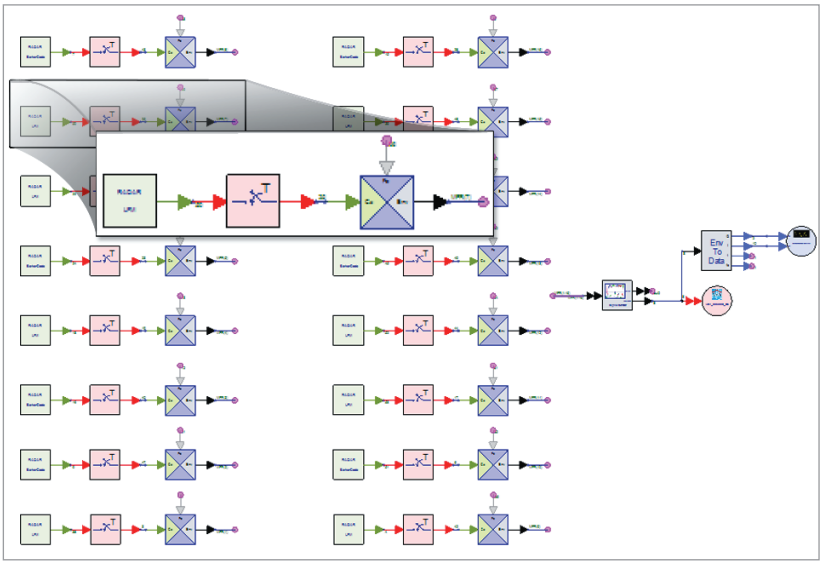

Рисунок 6 — Данный пример схемы моделирования среды иллюстрирует создание комбинации из нескольких сигналов, использующих коды Баркера или ЛЧМ-импульсы.

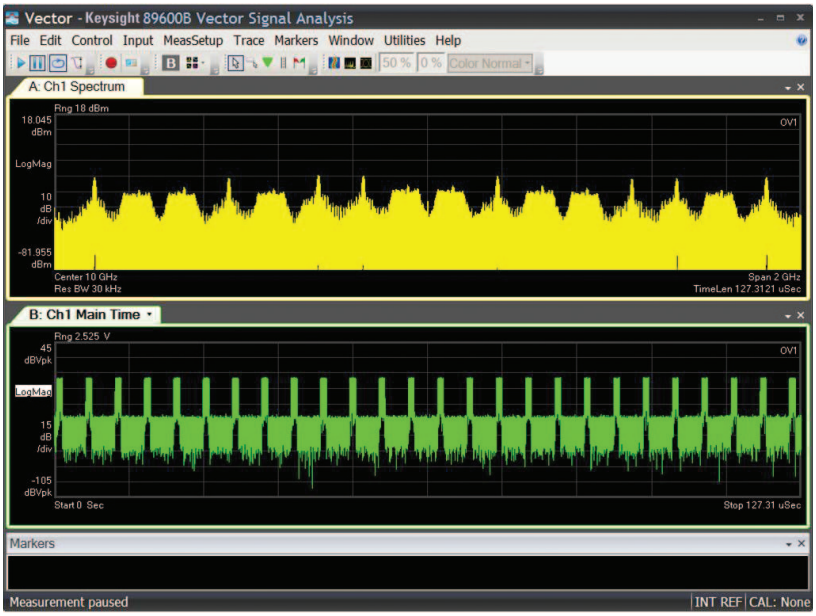

Рисунок 7 — На верхнем графике представлен частотный спектр, который выявляет все 16 сигналов РЛС в пределах диапазона частот 2 ГГц.

Этот же подход можно использовать для создания тестового сигнала с несущей частотой 40 ГГц. Как и в примере, приведённом выше, генератор сигналов произвольной формы вырабатывает сигналы I и Q, которые модулируют несущую частоту 40 ГГц, используя генератор сигналов серии PSG с широкополосными I/Q-входами.

Выводы

Подход, представленный здесь, может использоваться для создания испытательных сигналов, имитирующих несколько источников излучения, с помощью программных и аппаратных средств: среды проектирования на системном уровне (ESL), широкополосного генератора сигналов произвольной формы (AWG) и векторного генератора сигналов с широкополосными I/Q-входами. В САПР SystemVue достижения компании Keysight в методах повторной дискретизации сигналов произвольной формы в сочетании с точностью воспроизведения сигналов, обеспечиваемой последними достижениями в технологиях генерации сигналов произвольной формы, упрощают генерацию широкополосных сигналов, имитирующих несколько источников излучения. Гибкость такого подхода позволяет проводить детальное исследование влияния одновременно существующих источников излучения, используя одно и то же измерительное оборудование.

Результаты моделирования нескольких источников излучения сигналов РЛС, приведённые здесь, представляют предварительный разрабатываемый проект. Однако даже предварительные результаты демонстрируют возможность эффективного тестирования разрабатываемого оборудования с помощью испытательных сигналов нескольких источников излучения. Такой подход был использован для генерации нескольких источников излучения сигналов РЛС в X- и K-диапазонах в полосе частот 2 ГГц.

Хотя данный подход не обеспечивает генерацию сигналов в реальном времени, гибкость, достигнутая за счёт объединения среды моделирования устройств с возможностями широкополосного измерительного оборудования, представляет собой эффективный способ исследования сигналов, имитирующих несколько источников излучения. Приведённая примерная конфигурация обеспечивает экономичное техническое решение для решения текущих и будущих задач создания сигналов, имитирующих несколько источников излучения при проведении НИОКР.

Сопутствующая литература

- Keysight EEsof EDA SystemVue 2012 Technical Overview (Программное обеспечение EEsof EDA компании Keysight для проектирования и моделирования. Среда проектирования на системном уровне SystemVue, версия 2012 года. Технический обзор), номер публикации 5990-4731EN
  Примечание: данный технический обзор содержит информацию о различных библиотеках сигналов, включая библиотеки сигналов РЛС (W1905), LTE (W1912), WLAN (W1917) и LTE-Advanced (W1918)
- *89600 VSA Software Product Brochure (Программное обеспечение векторного анализа сигналов 89600 VSA. Брошюра)*,
  номер публикации 5990-6553EN
- *M8190A Arbitrary Waveform Generator Data Sheet (Генератор сигналов произвольной формы M8190A. Технические данные)*,
  номер публикации 5990-7516EN
- *E8267D PSG Vector Signal Generator Data Sheet (Векторный генератор сигналов E8267D серии PSG. Технические данные)*,
  номер публикации 5989-0697EN
- *PSG Signal Generators Product Brochure (Генераторы сигналов серии PSG. Брошюра)*, номер публикации 5989-1324EN
- *Infiniium 90000 Q-Series Oscilloscopes Data Sheet (Осциллографы серии 90000Q семейства Infiniium. Технические данные)*,
  номер публикации 5990-9712EN
- *Infiniium 90000 X-Series Oscilloscopes Data Sheet (Осциллографы серии 90000X семейства Infiniium. Технические данные)*,
  номер публикации 5990-5271EN
- *N9030A PXA X-Series Signal Analyzer Product Brochure (Анализатор сигналов N9030A PXA серии X. Брошюра)*,
  номер публикации 5990-3951EN
- *X-Series Signal Analysis Product Brochure (Анализ сигналов с использованием приборов серии X. Брошюра)*,
  номер публикации 5990-7998EN

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight
Персонализированное представление наиболее важной для Вас информации.

www.axiestandard.org
AXIe представляет собой открытый стандарт, основанный на AdvancedTCA, с расширениями для контрольно-измерительных приложений. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe.

www.lxistandard.org
LXI представляет собой сетевой интерфейс, пришедший на смену интерфейсу GPIB и обеспечивающий более быстрый и эффективный обмен данными. Компания Keysight входит в число основателей консорциума LXI.

http://www.pxisa.org
PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) – это формат модульного высокопроизводительного вычислительного и контрольно-измерительного оборудования, предназначенного для работы в жестких производственных условиях.

Трехлетняя гарантия
www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty
Keysight обеспечивает высочайшее качество продукции и снижение общей стоимости владения. Единственный производитель контрольно- измерительного оборудования, который предлагает стандартную трехлетнюю гарантию на все свое оборудование.

Планы Технической Поддержки Keysight
www.keysight.com/find/AssurancePlans
До пяти лет поддержки без непредвиденных расходов гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

www.keysight.com/quality
Система управления качеством Keysight Electronic Measurement Group сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2008

Торговые партнеры компании Keysight
www.keysight.com/find/channelpartners
Получите двойную выгоду: богатый опыт и широкий выбор продуктов Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

www.keysight.com/find/ad

Российское отделение

Keysight Technologies

115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954
8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902
e-mail: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр
Keysight Technologies в России
115054, Москва, Космодамианская наб, 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930
Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: tmo_russia@keysight.com

(BP-07-10-14)

Информация в данном документе может быть изменена без предварительного уведомления
© Keysight Technologies, 2013-2014
Published in USA, August 3, 2014
5991-1288RURU
www.keysight.com