Keysight Technologies

Использование программного обеспечения SystemVue компании Keysight для создания реалистичных сценариев испытания систем РЛС и РЭБ

Рекомендации по применению

Серия: “Измерение параметров РЛС”

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Обзор

Развёрнутые радиолокационные системы (РЛС) и системы радиоэлектронной борьбы (РЭБ) сталкиваются с непредсказуемой средой, наполненной известными и неизвестными сигналами, которые могут содержать отражения от цели, мешающие эхосигналы, активные сигналы радиоэлектронного подавления, радиопомехи различного происхождения и электромагнитные шумы. В процессе конструирования и разработки бывает трудно и дорого имитировать реалистичные сценарии, которые могли бы досконально проконтролировать характеристики системы до её ввода в эксплуатацию.

Сегодня сочетание промышленных, готовых к применению программных средств и измерительных приборов от компании Keysight облегчает создание реалистичных сигнальных сценариев, имитирующих эхо-сигналы от множества целей в сложной электромагнитной обстановке. Для этого компания Keysight предлагает программное обеспечение SystemVue с библиотекой моделей РЛС (Radar Model Library W1905). Ключевыми приборами для него являются генераторы сигналов произвольной формы и векторные генераторы сигналов.

SystemVue позволяет создавать сложные модулирующие сигналы или последовательности и загружать их в память генераторов сигналов произвольной формы компании Keysight, таких как генераторы серий MXG, PSG или ESG, которые могут генерировать модулированную несущую на частоте до 6 ГГц с полосой модуляции до 100 МГц. SystemVue также позволяет загружать сигналы в широкополосные генераторы сигналов произвольной формы, такие как M8190A, 81180A, M8241A и M9330A компании Keysight. Сигнал широкополосного генератора сигналов произвольной формы подаётся на широкополосные модуляционные I/Q-входы векторного генератора сигналов, такого как E8267D серии PSG компании Keysight для создания широкополосного или сверхширокополосного (UWB) сценария. В результате генерируется модулированная несущая с частотой до 44 ГГц с полосой модуляции до 6 ГГц.

Сочетание аппаратных и программных средств образует платформу, которая может быть использована как для испытания компонентов, так и для моделирования сценария испытания системы в целом. Добавление анализатора сигналов или широкополосного осциллографа, которые могут работать с программным обеспечением векторного анализа сигналов 89600 VSA, обеспечивает возможности измерения и анализа, полезные при разработке передатчиков, приёмников, усилителей и других подсистем.

Проблема

Самые последние поколения систем РЛС и РЭБ работают в различных частотных диапазонах и используют широкополосные и сверхширокополосные сигналы с очень сложными видами модуляции. Эти системы используют также прогрессивные методы цифровой обработки сигналов (ЦОС), чтобы замаскировать или скрыть их работу и тем самым избежать действия помех радиоэлектронного подавления.

Сложность рабочей среды может быть обусловлена наличием многих целей, отражениями от поверхности земли или моря, активными помехами радиоэлектронного противодействия, сигналами беспроводных систем связи и другими видами электромагнитных помех. При попытке точно имитировать эту сложную среду приходится дополнительно решать сложные задачи, связанные с многомерной обработкой сигнала, обеспечивающей управление формированием луча, адаптивную пространственновременную обработку и многое другое.

В зависимости от типа систем РЛС или РЭБ, испытательная платформа должна быть способна создавать множество сигналов: импульснодоплеровские, широкополосные, сверхширокополосные и многое сверх того. Имеются также организационные препятствия. Например, разработка таких сложных систем обычно требует привлечения большого числа специалистов, работающих в коллективах, которые могут быть физически или географически разобщены. Интеграция системы может быть особенно трудной без согласованного, совместно используемого набора инструментальных средств для моделирования и испытания.

Решения и результаты

Используя на новом уровне программное обеспечение SystemVue, библиотеку модели РЛС и разнообразие приборов компании Keysight, специалисты разработали два технических решения: генератор цели РЛС и платформу для испытаний систем РЛС и РЭБ. Эта комбинация программных и аппаратных средств даёт возможность создавать динамические и реалистичные сценарии для испытания компонентов и моделировать сценарии для испытания системы.

Использование SystemVue

Среда SystemVue может использоваться для моделирования, имитации, контроля и испытания в процессе разработки и реализации систем РЛС и РЭБ. Это программное обеспечение обладает также достаточной гибкостью, чтобы объединять модели, созданные с использованием других программных средств, таких как C++, MATLAB и HDL. Ориентированное на разработку РЛС, SystemVue обладает четырьмя ключевыми возможностями: генерация специальных форм сигналов, поддержка расширенных измерений, управление аппаратными и программными средствами приборов и эмуляция идеальных передатчиков, детекторов и приёмников. Будь то генератор цели для РЛС или платформа для испытания системы, желаемая РЛС конструируется в среде SystemVue. При моделировании многих типов систем это программное обеспечение позволяет задавать технические требования для индивидуальных компонентов структурных схем.

- Источники сигнала: линейная ЧМ (LFM), нелинейная ЧМ (NLFM), кодирование по Баркеру/Франку, сверхширокая полоса (UWB), частотномодулированная непрерывная несущая (FMCW), импульсный сигнал
- Модули передатчика и приёмника: ЦАП (DAC), АЦП (ADC), цифровой повышающий преобразователь (DUC), цифровой понижающий преобразователь (DDC), прямой цифровой синтез (DDS), малошумящий усилитель (LNA), цифровые элементы
- Антенны: модели, антенные решётки, распространение волн
- ВЧ/ПЧ модули: передатчики, приёмники, фильтры, усилители мощности, генераторы, частотные синтезаторы
- Радиолокационная среда: цель, эффективная площадь рассеяния (ЭПР), мешающие эхосигналы (1D и 2D), станции активного радиоэлектронного подавления, радиопомехи, отражения от морской поверхности
- Обработка сигнала: цифровое сжатие импульса, селекция движущихся целей (MTI), обнаружение движущихся целей (MTD), постоянная вероятность ложной тревоги (CFAR), цифровое формирование луча, STAP, радар с синтезированной апертурой (SAR), калмановская фильтрация
- Измерения: форма сигнала, спектр, чувствительность, избирательность, динамический диапазон, скорость обнаружения, частота ложных тревог, уравнение для максимальной дальности действия РЛС

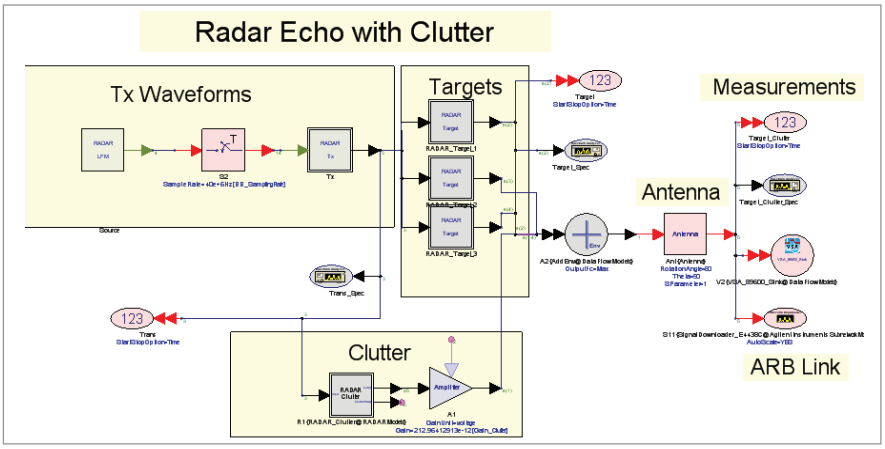


Рисунок 2. Пример экрана SystemVue, отображающего схему генератора радиолокационной цели

Чтобы получить ясную картину радиолокационной среды, параметры моделирования цели включают эффективную площадь рассеяния (ЭПР), доплеровские эффекты, задержку и ослабление сигнала. Модели ЭПР могут включать виды флуктуирования и пять видов моделей цели Сверлинга (0, I, II, III, IV). SystemVue имеет также встроенные блоки связи, позволяющие загружать смоделированные формы сигналов в ГСПФ компании Keysight, которые затем могут воспроизводить эти сигналы для испытания передатчиков и приёмников.

Генератор радиолокационной цели и результаты его реализации

Главными атрибутами генератора радиолокационной цели являются параметры ВЧ сигнала, такие как несущая частота и полоса модуляции, а также параметры сценария: число эхосигналов от цели и их длительность, дальность, скорость цели, азимут, эффективная площадь отражения, типы мешающих сигналов, активные сигналы радиоэлектронного подавления, радиопомехи и другие. В программное обеспечение SystemVue эти параметры вводятся как элементы описанной в предыдущем подразделе модели системы. Техническое решение, разработанное специалистами компании Keysight, показано на рисунке 1. Три первых элемента слева предназначены для генерации сигналов, необходимых для испытания передатчика и приёмника. Анализатор сигналов используется для контроля испытательных сигналов.



Рисунок 1. Конфигурация системы генератора радиолокационной цели

Отправной точкой является схема моделирования в среде SystemVue, как показано на рисунке 2. В верхней левой части изображён генератор сигнала передатчика ("Tx Waveforms"), формирующий сигнал модуляционной полосы, который затем модулируется. Затем создаются три сигнала цели, скомбинированные друг с другом, с мешающими сигналами и вводятся в модель антенны. Полученный в результате сигнал может быть проанализирован внутри SystemVue и, когда сценарий окончательно сформирован, загружен в генератор сигналов произвольной формы.

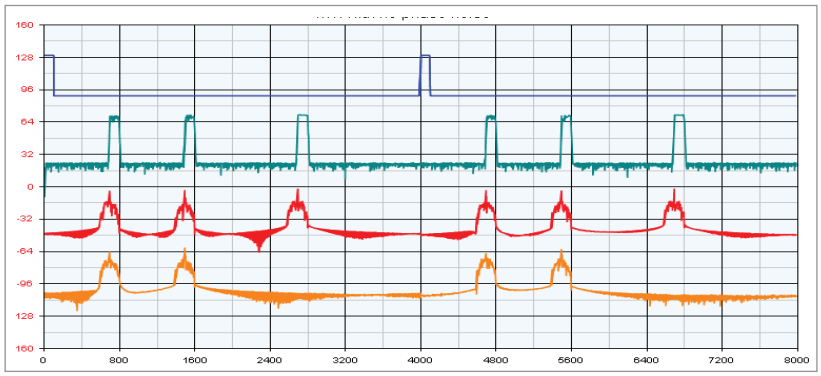


Рисунок 3. Результаты моделирования передаваемого сигнала (синий), трёх принятых эхосигналов от цели (зелёный), принятых эхосигналов с помехами (красный) и эхосигнал после обработки MTI (селекция движущихся целей) (оранжевый).

На рисунке 3 показаны результаты моделирования трёх целей со своими значениями дальности 500, 1500 и 2500 метров и скоростями 100, 200 и 0 м/с. Как видно из рисунка, обработка с целью селекции движущихся целей (MTI) удалила неподвижную цель (со скоростью 0 м/с) из оранжевого графика. На рисунке 4 показана имитация сигнала, созданного в среде SystemVue и затем загруженного в векторный генератор сигналов E4438C серии ESG компании Keysight, имеющий возможность генерации сигналов произвольной формы. Четыре графика представляют в различных формах испытательный ВЧ сигнал, который эмулирует эхосигналы от трёх целей.

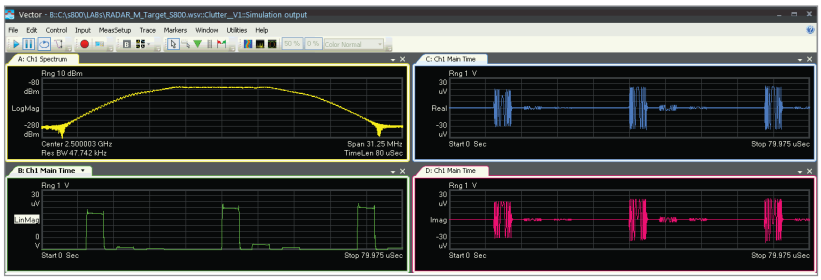


Рисунок 4. Генерируемые сигналы испытания РЛС: спектр принятого сигнала (жёлтый); отражения от цели с помехами, представленные в виде амплитуды (зелёный), действительной части (синий) и мнимой части (красный)

Испытательная платформа для сверхширокополосной РЛС и её применение Основные элементы сверхширокополосной испытательной системы (UWB) показаны на рисунке 5. Они образуют систему для испытания компонентов, в которой различные сверхширокополосные сигналы, генерируемые в среде SystemVue, загружаются в широкополосный генератор сигналов произвольной формы (ГСПФ), преобразуются в более высокочастотный диапазон векторным генератором сигналов и используются в качестве испытательных сигналов для аппаратных компонентов. Осциллограф, имеющий реальновременной режим сбора данных, обеспечивает анализ формы сигнала собственными средствами и поддерживает анализ сигналов с помощью программного обеспечения 89600B VSA, работающего на ПК.

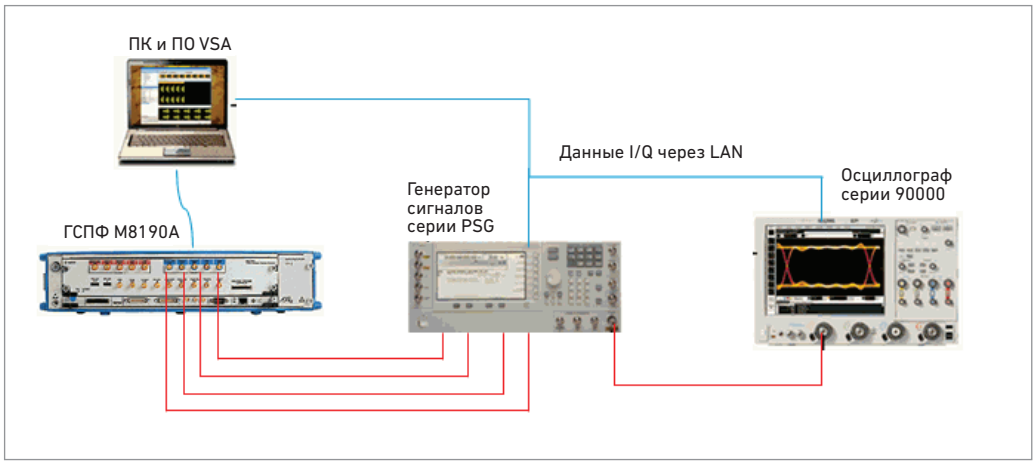


Рисунок 5. Конфигурация системы для испытательной платформы сверхширокополосной РЛС

Эта система была использована для создания сигнала сверхширокополосной РЛС с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), показанного на рисунке 6. Сигнал был создан в среде SystemVue и загружен в генератор сигналов произвольной формы M8190A компании Keysight. Выходной сигнал этого генератора подавался на модуляционные I/Q входы векторного генератора сигналов. Результирующий сигнал имел полосу 1 ГГц и период повторения импульсов 1 мкс.

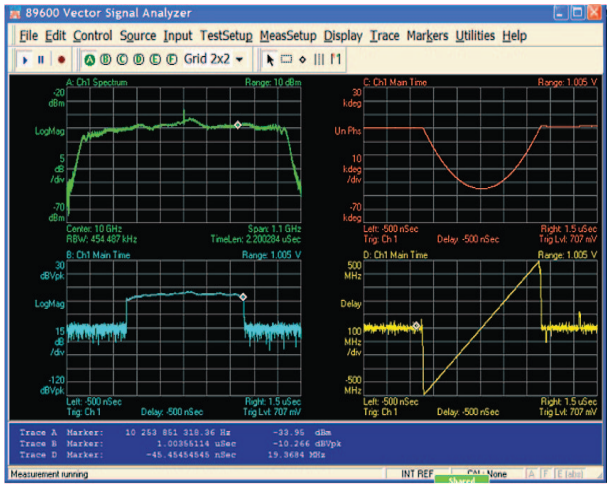


Рисунок 6. Спектр, временная область, фаза и групповое время запаздывания сигнала сверхширокополосной РЛС с ЛЧМ

Аналогичная конфигурация может быть использована для создания сверхширокополосных импульсных сигналов, как показано на рисунке 7. Как показывают измерения, сделанные с помощью векторного анализатора сигналов M9392A в формате PXI компании Keysight, в приведённом примере полоса частот сигнала 250 МГц и период повторения импульсов 1 мкс.

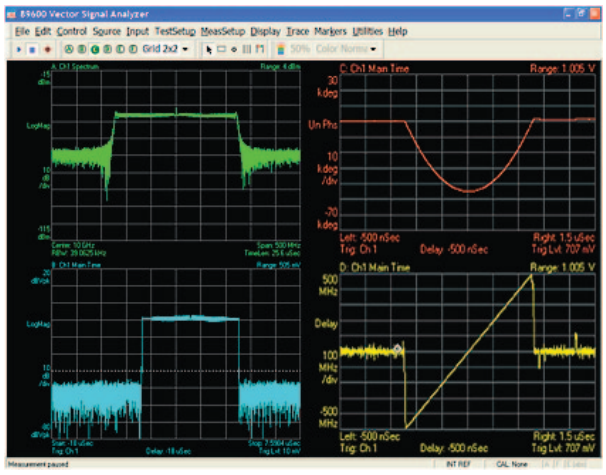


Рисунок 7. Спектр, временная область, фаза и групповое время

Заключение

В реальных условиях РЛС приходится работать в сложной сигнальной среде: много целей, мешающие отражения от земной или морской поверхности, преднамеренные активные помехи, радиопомехи, сигналы беспроводных систем связи и другие виды электромагнитных помех. Как показано в этих заметках, комбинация SystemVue и его библиотеки Radar Model Library составляет мощное ядро моделирования при создании сложных и реалистичных радиолокационных сценариев, имитирующих до трёх эхосигналов от целей. Система, включающая SystemVue и генератор сигналов произвольной формы компании Keysight, представляет универсальное решение для испытания передатчиков, приёмников, подсистем и компонентов РЛС. Этот подход может использоваться для широкого круга существующих и будущих РЛС: импульсно доплеровских, РЛС, использующих антенную решётку с цифровым сканированием, широкополосных, сверхширокополосных (UWB), с частотномодулированной непрерывной несущей (FMCW), РЛС с синтезированной апертурой (SAR) и других.

Сопутствующая литература

- Keysight SystemVue ESL design software (программное обеспечение для проектирования на системном уровне SystemVue компании Keysight), брошюра, номер публикации 59904731EN
- Keysight SystemVue W1905 Radar Model Library (библиотека W1905 моделей РЛС в составе SystemVue), брошюра, номер публикации 59906347EN
- Keysight M8190A 12 GSa/s arbitrary waveform generator (генератор сигналов произвольной формы Keysight M8190A с частотой дискретизации 12 Гвыб/с), технические данные, номер публикации 59907516EN
- Keysight 81180A 4.2 GSa/s arbitary waveform generator (генератор сигналов произвольной формы Keysight 81180A с частотой дискретизации 4,2 Гвыб/с), технические данные, номер публикации 59905697EN
- Keysight E8267D PSG vector signal generator (векторный генератор сигналов Keysight E8267D PSG), технические данные, номер публикации 59890697EN
- Keysight 89600B vector signal analysis software (программное обеспечение векторного анализа сигналов 89600B компании Keysight), брошюра, номер публикации 59906553EN
- Сведения о MATLAB: www.mathworks.com products/matlab и www.keysight.com/find/matlab

Для получения информации о продуктах, приложениях и услугах, предоставляемых компанией Keysight Technologies, обращайтесь на сайт:

www.keysight.com

myKeysight

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

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.

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

Информация в данном документе может быть изменена без предварительного уведомления
© Keysight Technologies, 2012-2014
Published in USA, August 2, 2014
5990-7533RURU
www.keysight.com