

АНАЛИЗ СПЕКТРА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АНАЛИЗАТОРАХ СИГНАЛОВ AGILENT PXA

REAL-TIME SPECTRUM ANALYSIS AND TECHNICAL INNOVATIONS IN THE AGILENT PXA SIGNAL ANALYZER

ВВЕДЕНИЕ

В аэрокосмической и оборонной отраслях и системах беспроводной связи имеется множество проблем, которые чрезвычайно затрудняют определение параметров систем и поиск неисправностей. Так, к примеру, радиолокационные системы и системы радиоэлектронной борьбы становятся все более динамичными и мобильными, при этом они способны охватывать огромное пространство над полем боя. Распространение многоформатных систем связи с высокими скоростями передачи данных повышает вероятность возникновения проблем совместимости.

По мере того, как сигналы становятся все более сложными и динамичными, методы непрерывных измерений, включая анализ спектра и захват временных параметров в режиме реального времени, постепенно превращаются из узкоспециализированной в востребованную и широко используемую функцию. И такие приборы как анализаторы сигналов реального времени PXA здесь на шаг впереди, позволяя реализовать эти возможности не в специализированном приборе, а в обычном анализаторе сигналов.

Поддержка анализа спектра в режиме реального времени (RTSA), реализованная компанией Agilent, является опцией, позволяющей модернизировать новые и уже находящиеся в эксплуатации анализаторы сигналов PXA, что делает эти приборы первыми серийно выпускаемыми анализаторами сигналов, обеспечивающими возможность добавления функции анализа в режиме реального времени после приобретения устройства. Все это позволяет получить возможность анализа в реальном времени по цене, составляющей порядка одну десятую от стоимости нового анализатора реального времени.

Добавление режима RTSA позволяет наблюдать, захватывать и понимать поведение трудноуловимых сигналов — как известных, так и неизвестных. Для более глубокого исследования пользователь может объединить анализатор реального времени PXA с программой векторного анализа сигналов Agilent 89600 VSA, что обеспечивает возможность более полного определения параметров сложных сигналов.

В данной статье рассматриваются инновационные технологии, используе-



Agilent Technologies

мые в анализаторах сигналов Agilent PXA, а также преимущества, которые они обеспечивают для пользователей, которым требуется анализ высокочастотных (ВЧ) сигналов в режиме реального времени. Кроме того, в статье описаны основные принципы анализа сигналов в реальном времени и приложения, в которых могут использоваться анализаторы реального времени PXA.

АНАЛИЗАТОРЫ СИГНАЛОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ AGILENT PXA

Анализаторы сигналов PXA являются первыми серийно выпускаемыми анализаторами сигналов, которые могут быть модернизированы для выполнения анализа в режиме реального времени. Существующие анализаторы PXA могут быть быстро переоборудованы самим пользователем прямо на месте эксплуатации без необходимости модификации аппаратной части или перекалибровки.

Так же как и в других анализаторах сигналов реального времени, в анализаторах PXA используются специализированные интегральные схемы и ПЛИС, с помощью которых выборки дискретизированного сигнала преобразуются в спектр сигнала с очень высокой скоростью — до 300 000 спектров в секунду. Данные спектра объединяются с целью формирования информационно-насыщенного представления результатов измерений, например, плотности распределения или гистограмм. Поток данных о спектре может также последовательно тестироваться на соответствие пределам и логическим критериям для генерирования запуска по частотной маске (FMT), зависящего от спектра или поведения сигнала.

Кроме того, анализаторы PXA обеспечивают более высокий уровень производительности, гибкости и удобства использования по сравнению с другими анализаторами спектра реального времени благодаря следующему возможностям.

- Более широкий диапазон частот. Максимальное значение полосы демодуляции 160 МГц для измерений в режиме реального времени соответствует современным требованиям по анализу широкополосных сигналов.

Анализаторы PXA имеют отличные характеристики по собственным шумам и искажениям и обеспечивают одинаковую производительность при работе в режимах анализа спектра и анализа в режиме реального времени.

- Более широкий динамический диапазон. Динамический диапазон, свободный от побочных составляющих, на уровне 75 дБ в полосе анализа до 160 МГц помогает обнаруживать быстрые, редкие слабые сигналы даже в присутствии сигналов более высокого уровня.
- Более высокая вероятность захвата сигналов. Вероятность захвата сигналов (POI) является важнейшей характеристикой для анализа спектра в режиме реального времени. Анализаторы реального времени PXA способны обнаруживать нестационарные сигналы длительностью от 3,57 мкс с вероятностью захвата 100%.
- Интегрированные возможности анализа. Использование программного обеспечения Agilent 89600 VSA позволяет проводить полный векторный анализ сигналов и анализ модуляции наряду с анализом спектра в режиме реального времени. Запуск по частотной маске в режиме реального времени обеспечивает все функции векторного анализа сигналов, включая анализ модуляции и захват временных параметров, что позволяет сосредоточить внимание на наиболее трудноуловимых сигналах.

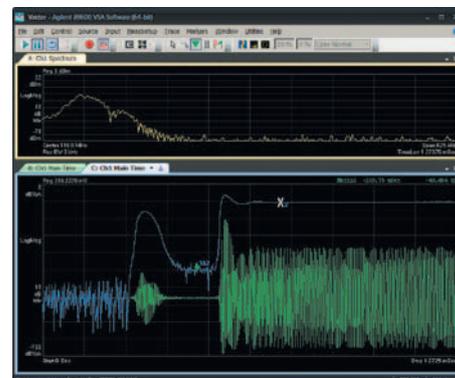


Рис. 1. Запуск по частотной маске может использоваться для захвата переходных явлений в режиме реального времени. Программа векторного анализа сигналов обеспечивает отображение сигналов в нескольких окнах, например, спектра с временной селекцией (вверху), а также представление сигнала одновременно в различных видах, например, огибающая мощности сигнала (синяя) и форма сигнала во времени (зеленая)

Захваченные сложные сигналы могут быть перенесены в генератор ВЧ сигналов или в программы математической обработки или моделирования.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНАЛИЗА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Термин «анализ в режиме реального времени» и возможности, которые такой анализ обеспечивает, для разных людей означает разные явления. При этом основной принцип может быть определен следующим образом: в анализаторе спектра или анализаторе сигналов с цифровым трактом промежуточной частоты (ПЧ) функционирование в режиме реального времени означает состояние, в котором все выборки сигнала преобразуются в какой-либо результат измерений или процедуру запуска. В большинстве случаев результаты измерений являются скалярными (мощность или амплитуда), аналогично обычным измерениям спектра.



Рис. 2. Работа в режиме реального времени имеет место, когда скорость вычислений достаточно высока, чтобы обеспечить анализ дискретизированных данных без интервалов между периодами времени захвата T . В этом случае каждая процедура вычислений (РАСЧЕТ) включает вычисление БПФ или спектра мощности, а также усреднение, обновление дисплея и т.д.

Для обеспечения более широкой полосы анализа в реальном времени, требуется более высокая частота дискретизации и скорость обработки. Таким образом, при заданной вычислительной мощности существует максимальная полоса частот, за пределами которой аппаратные средства обработки сигналов не в состоянии поддерживать поток дискретизированных данных. Самым близким термином в этом случае является «ширина полосы в реальном времени» (RTBW), то есть самый широкий диапазон частот, в котором анализатор способен функционировать в режиме реального времени.

Поток спектральных данных, полученных в результате обработки сигнала в режиме реального времени, может использоваться двумя способами. Во-первых, спектры могут объединяться с целью формирования комбинированных изображений спектра. Во-вторых, они могут последовательно сравниваться с маской для обеспечения запуска по частотной маске.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что ВЧ анализатор реального времени должен обеспечи-

вать пять ключевых возможностей: непрерывный анализ, высокая скорость измерений, стабильная скорость измерений, развитые возможности по отображению результатов анализа и запуск по частотной маске.

Другие подходы частично удовлетворяют этому определению и обеспечивают основные виды анализа в реальном времени для некоторых приложений. Так, к примеру, векторные анализаторы сигналов используют захват сигналов и пост-обработку для получения непрерывных результатов в продолжение всего времени захвата (которое может быть длительным, но не бесконечным) и могут обеспечить полный анализ сигнала, включая анализ во временной области и анализ аналоговой и цифровой модуляции. Этот режим работы будет соответствовать некоторым потребностям пользователя — и некоторым определениям режима реального времени — лучше, чем анализ только спектра бесконечной длины. В некоторых векторных анализаторах сигналов также используется обработка амплитуды сигнала в режиме реального времени (но не обработка спектра) для обеспечения запуска по амплитуде ПЧ неограниченной длины, который для некоторых видов измерений лучше, чем запуск по частотной маске, и хорошо дополняет другие типы запуска.

ДЕТАЛЬНОЕ РАССМОТРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРЕИМУЩЕСТВ АНАЛИЗАТОРОВ РЧА

Как было показано выше, в анализаторах реального времени РЧА используется пять основных инновационных технологий: более широкий диапазон частот, более широкий динамический диапазон, более высокая вероятность захвата сигналов, интегрированные возможности анализа и возможность модернизации. Все вместе и каждая в отдельности эти возможности обеспечивают пользователю ряд преимуществ.

Более широкий диапазон частот. По мере увеличения ширины полосы частот и амплитуды анализируемых сигналов, требуется более широкая полоса анализа. Анализаторы РЧА имеют необходимое сочетание полосы ПЧ, скорости дискретизации выборок и обработки сигнала для непрерывной поддержки полосы анализа 160 МГц. Эта непрерывная полоса используется не только для анализа спектра в режиме реального времени, но и для запуска по частотной маске, а также непрерывного захвата и расчета амплитуды в режиме реального времени для обеспечения запуска по амплитуде ПЧ.

Более широкий динамический диапазон. Анализаторы РЧА позволяют обнаруживать слабые сигналы в присутствии сигналов более высокого уровня, обеспечивая динамический диапазон, свободный от побочных составляющих, на уровне 75 дБ во всей полосе

НОВОСТИ на www.kipis.ru

КОМПАНИЯ AGILENT TECHNOLOGIES ОБЪЯВЛЯЕТ ОБ ОБНОВЛЕНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ACE, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СООТВЕТСТВИЯ НОРМАТИВАМ

Компания Agilent Technologies объявила об обновлении программного обеспечения ACE (Automated Compliance Engine), используемого для предоставления услуг по обеспечению соответствия нормативам (Enterprise версия). Данное обновление позволяет предоставлять еще более надежные, безопасные и недорогие услуги по квалификации тестеров для определения растворимости и УФВ-спектрометров.

Программное обеспечение Agilent ACE (Automated Compliance Engine) совместимо с широким перечнем аналитических приборов и компьютерных систем различных производителей. Компания Agilent выдвигает ряд планов по квалификации оборудования, предлагает специализированные отчеты по квалификации оборудования, а также гибкие условия испытания в соответствии с типовыми регламентами испытаний.

Программное обеспечение ACE помогает упростить процесс электронной проверки и утверждения. Стал короче промежуток времени от утвержденного плана квалификации до настраиваемого, защищенного окончательного отчета с цифровой подписью, который полностью готов к аудиту и соответствует всем требованиям предприятия. Оно также позволяет выполнять испытания на соответствие для нескольких приборов одновременно, что дополнительно сокращает время простоя оборудования.

«Мы продолжаем инвестировать и внедрять инновации в услуги по квалификации (Enterprise-версия), чтобы предоставить сообществу по контролю соответствия нормативам самый широкий набор услуг, — говорит Гэри Пауэрс (Gary Powers), директор программы по обеспечению соответствия нормативам от компании Agilent. — Добавление в перечень поддерживаемых приборов тестеров для определения растворимости и УФВ-спектрометров предоставляет еще больше возможностей для наших заказчиков».

Теперь услуги по обеспечению соответствия нормативам компании Agilent стали доступны для более чем 500 моделей приборов и систем сбора и обработки данных.

www.agilent.ru

анализа 160 МГц. Динамический диапазон расширен за счет снижения уровня собственных шумов PXA, а при работе с очень слабыми сигналами он может быть еще улучшен путем добавления опции LNP (тракт с низким уровнем шума), которая позволяет повысить

чувствительность при одновременной обработке сигналов высокого уровня.

Так как объем обрабатываемых в режиме реального времени данных возрастает при расширении полосы анализа и повышении разрядности выборок, то увеличение в два раза полосы и разрядности потребует увеличения вычислительной мощности анализатора в четыре раза. Некоторые анализаторы способны выполнять вычисления в режиме реального времени только при уменьшении разрядности, чтобы компенсировать ограниченные вычислительные возможности. Все это сужает динамический диапазон при отображении спектров реального времени и при запуске по частотной маске.

Более высокая вероятность захвата сигналов. Термин «вероятность захвата сигналов» пришел из области отслеживания сигналов и характеризует вероятность того, что переходный сигнал будет обнаружен. Развитая архитектура обработки данных анализаторов PXA в сочетании с полосой анализа 160 МГц и широким динамическим диапазоном позволяет обеспечить 100%-ую вероятность захвата сигналов длительностью от 3,57 мкс, что является лучшим в настоящее время показателем.

Возможность непрерывного анализа является лишь одним из элементов, влияющих на ROI. Другими воздействующими факторами являются динамический диапазон анализатора и процессора (включая чувствительность), диапазон частот дискретизации, непрерывность обработки данных и перекрытие при обработке данных быстрого преобразования Фурье. Одним из ключевых внешних факторов является уровень мощности исследуемого сигнала, а низкий уровень собственных шумов анализаторов PXA повышает возможность разделения слабых сигналов и шумов.

Интегрированные возможности анализа. В ряде случаев достаточно просто обнаружить трудноуловимый сигнал. Наличие или спектральная форма сигнала — это все, что может понадобиться инженеру для ответа на вопрос, подтверждения проблемы или предложения решения.

В других ситуациях обнаружение сигнала является только первым шагом к получению инженерного решения. Именно в этих случаях комбинация анализатора реального времени PXA, запуска по частотной маске в режиме реального времени и программы векторного анализа сигналов 89600 VSA становится особенно полезной.

Запуск в режиме реального времени может инициировать любое измерение (одно или несколько) при векторном анализе сигналов в любом режиме измерений, включая анализ модуляции. Запуск может генерироваться по событию попадания сигнала в пределы заданной спектральной маски или его выхода за ее пределы, либо по более сложному событию, например, повторный

вход после выхода. Можно вводить также задержку предзапуска и постзапуска, что позволяет начать измерения до наступления события запуска.

Все эти возможности делают сочетание анализатора реального времени PXA и программы векторного анализа сигналов VSA отличным решением для измерения параметров модулированных переходных сигналов, сигналов со скачкообразной перестройкой частоты, процессов установления частоты и нежелательных переходных процессов в источниках сигналов, например, генераторах, управляемых напряжением (ГУН) или генераторах на железиститриевом гранате (ЖИГ).

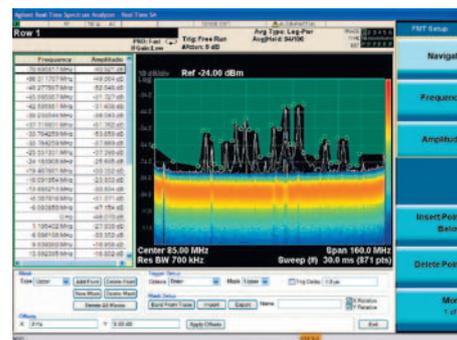


Рис. 3. При запуске по частотной маске параметры маски могут вводиться вручную или устанавливаться анализатором автоматически на основе характеристик измеренного спектра. В случае необходимости пользователь может затем корректировать спектральную маску путем изменения, добавления или удаления точек

Возможность модернизации. Анализатор спектра или анализатор сигналов являются главным инструментом для любого инженера, занимающегося исследованием ВЧ сигналов. Эти приборы имеют привычный пользовательский интерфейс для измерения параметров неизвестных сигналов и при этом обеспечивают высокую гибкость при выборе диапазона частот, полосы обзора и полосы пропуска. Кроме того, они имеют отличные показатели по динамическому диапазону и чувствительности.

Учитывая такое сочетание доступности и функциональности, использование опции RTSA для модернизации анализаторов сигналов представляет собой путь, который предпочтут многие инженеры. Анализаторы сигналов PXA являются первыми серийно выпускаемыми анализаторами сигналов, обеспечивающими возможность добавления функции анализа в режиме реального времени уже после покупки прибора, что позволяет принимать более гибкие решения о приобретении оборудования. Все это позволяет получить возможность анализа в режиме реального времени по цене, составляющей порядка одну десятую от стоимости нового анализатора реального времени.

Возможность модернизации серийно выпускаемых анализаторов означа-

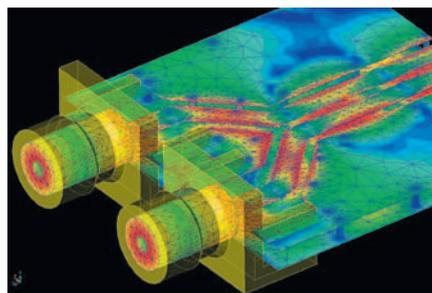
НОВОСТИ на www.kipis.ru

КОМПАНИЯ AGILENT TECHNOLOGIES НАЧИНАЕТ ПОСТАВКИ НОВЕЙШЕЙ ВЕРСИИ САПР EMPro ДЛЯ АНАЛИЗА 3D ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭФФЕКТОВ

Компания Agilent Technologies объявила о начале поставок САПР EMPro 2012 — среды 3D электромагнитного моделирования.

САПР EMPro 2012 упрощает создание 3D моделей и позволяет анализировать электрические характеристики корпусов интегральных схем, разъемов, антенн и других ВЧ и цифровых высокоскоростных компонентов. Пользователи САПР по достоинству оценят множество важных функций, среди которых:

- Улучшенная интеграция между EMPro и Advanced Design System, позволяющая сохранять проекты EMPro в виде библиотек ADS; доступность 3D моделей в ADS в виде схем и топологий; доступность параметров, созданных в EMPro, в ADS для электромагнитного моделирования/оптимизации. Кроме того, изменения, внесенные в проект EMPro, теперь динамически отслеживаются и в ADS.



- Алгоритм низкочастотного анализа в методе FEM, позволяющий получать стабильные и точные результаты на самых низких частотах (ниже 100 МГц, вплоть до постоянного тока). Кроме того, алгоритм позволяет точно измерять постоянные напряжения и может использоваться в симуляторах ВЧ цепей.
- Быстрое моделирование с применением метода конечных элементов (FEM) (в 1,4 раза быстрее по сравнению с EMPro 2011) на основе технологических усовершенствований, которые повышают производительность и скорость (в 2-3 раза) разбиения сетки.

www.agilent.ru

ет, что измерительное и испытательное оборудование может более гибко использоваться в типовых лабораториях, оснащенных различными приборами. Это исключает потребность в специализированных устройствах, которые превращаются в малоиспользуемое имущество, которое только занимает место на стеллаже, когда его возможности по выполнению анализа в режиме реального времени не востребованы.

ДРУГИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Есть еще две функциональные возможности анализаторов реального времени, которые заслуживают более пристального внимания: представление результатов в виде гистограмм или плотности распределения и технология запуска по частотной маске и ее использование.

Представление в виде гистограмм или плотности распределения. По мере того, как сигналы становятся все более сложными и динамичными, особую значимость приобретает необходимость представления большого количества результатов измерений на одном экране. Это особенно важно для анализаторов спектра реального времени, которые способны генерировать каждую секунду тысячи спектров — намного больше, чем может различить человеческий глаз.

Так, например, анализатор PXA может генерировать почти 300 000 спектров в секунду, при этом пользователь способен воспринимать только около тридцати. Таким образом, для более полного использования преимуществ режима измерений в реальном времени необходимо, чтобы каждое визуальное изображение представляло порядка 10 000 результатов измерений в пригодном для анализа виде.

В этом случае наиболее информативное представление результатов измерений формируется путем компилирования статистических данных и отображения данных о частоте появления конкретного измеренного значения (например, определенное значение амплитуды на определенной частоте). Полученная гистограмма является одним из видов измерения спектра, показывающим частоту наступления события, и может рассматриваться как оценка плотности вероятности.

В этих изображениях для наглядности используется цветовая кодировка или различная интенсивность свечения трассы. Функция послесвечения позволяет сосредоточить внимание на самых последних событиях, в то время как более ранние данные постепенно исчезают с экрана. Данные трассы (такие как самое последнее обновление изображения или усреднение) могут также накладываться в виде трассы, как при обычных измерениях спектра.

Такой подход позволяет инженерам наблюдать и анализировать редкие события и переходные процессы, а затем отде-

лять их от других характеристик. Изменяя параметры послесвечения и схемы цветовой кодировки, можно выделять отдельные графики. Анализаторы реального времени PXA в значительной мере расширяют эти возможности, обеспечивая функции маркера трассы и отображения с послесвечением.

Технология запуска по частотной маске и ее использование. При поиске определенного сигнала один из самых эффективных подходов заключается в сравнении быстрого потока спектральных данных с заданной пользователем маской спектра с последующим запуском в случаях, когда сигнал попадает в область маски, либо выходит за ее пределы. Другие улучшения включают условный запуск по действиям, например, по выходу сигнала из маски или повторному входу в маску, либо по любому их сочетанию. Это и есть запуск по частотной маске.

Маска сама по себе является комбинацией верхних и нижних пределов, которые могут задаваться в числовом или графическом виде. Однако более удобным способом является использование анализатором измеренного сигнала для автоматического формирования маски с возможностью ее последующего изменения пользователем. Это простая и интуитивно понятная процедура, в процессе которой маска отображается совместно с «живым» измеряемым сигналом.

Запуск по частотной маске может использоваться для формирования последовательных запусков в частотной области. Однако все его преимущества проявляются в ситуациях, когда исследуемый сигнал является очень редким, а время ожидания между событиями может составлять минуты и даже часы. Запуск по частотной маске сочетает высокую вероятность захвата и высокое быстроедействие, а в случае использования программы 89600 VSA — еще и возможность задержки запуска для захвата начала события или его конца, или любого события между ними.

МЕНЕЕ ОЧЕВИДНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА АНАЛИЗАТОРОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Свойственные анализаторам реального времени высокая скорость обработки сигналов и отображение с высокой плотностью данных могут использоваться для повышения эффективности измерений и в других приложениях. Так, для выполнения точных измерений зашумленных или шумоподобных сигналов (например, сигналов с цифровой модуляцией) требуется проводить усреднение. Применение детектора усреднения в отношении спектра реального времени помогает существенно сократить время, необходимое для снижения дисперсии до требуемого уровня. Этот подход используется в анализаторах реального времени PXA.

Использование детектора усреднения в сканирующих анализаторах спектра яв-

ляется, как правило, самым быстрым способом уменьшения дисперсии. Обычно этот способ намного быстрее, чем усреднение по трассам. Вместе с тем, при анализе в режиме реального времени с быстрым преобразованием Фурье детектор усреднения может выполнять усреднение трассы, используя преимущества более высокой производительности обработки сигналов для получения однозначного измерения трассы с гораздо более низкой дисперсией. При измерениях параметров ВЧ сигналов усреднение позволяет уменьшить дисперсию на величину, равную квадратному корню из числа независимых выборок. В результате для данного значения дисперсии скорость может увеличиться в 100 раз по сравнению со скоростью усреднения по трассам в режиме сканирования: квадратный корень из 10 000 спектров на каждое обновление, считая один спектр на трассу.

Другим примером является возможность наблюдения «сигналов в сигналах». В условиях очень динамичной сигнальной среды определенную сложность может представлять возможность отслеживания слабых сигналов с низким коэффициентом заполнения (высокой скважностью), которые перекрываются более широкополосными, более мощными или чаще встречающимися сигналами. К счастью, коррекция гистограммы спектра позволяет увеличить небольшие различия, что помогает более эффективно выявлять трудноуловимые сигналы. Этот подход может применяться в любых случаях, в которых сигналы могут быть разделены по частоте появления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основное назначение любого, даже самого совершенного измерительного прибора, состоит в том, чтобы позволить инженерам следовать своей интуиции и умозаключениям — и выполнять дополнительные измерения для определения причины и следствия или оптимизации сигнала или системы. Это было одной из ключевых идей при разработке опции RTSA, позволяющей модернизировать новые и уже находящиеся в эксплуатации анализаторы сигналов. Совместное использование анализатора реального времени PXA с программой векторного анализа сигналов Agilent 89600 VSA позволяет инженерам более детально изучать поведение самых трудноуловимых сигналов благодаря возможности их анализа в режиме реального времени и после предварительной обработки. ☑

This article discusses the Agilent PXA's technical innovations and the resulting benefits to those who need real-time RF signal analysis. It explains and discusses real-time analysis in concise terms and describes applications for the real-time PXA.