

Keysight Technologies

Тестирование передатчиков:
пять фундаментальных проблем разработки

Рекомендации
по применению

Проектирование любой системы беспроводной передачи данных – непростая задача, особенно если учесть жесткие требования и необходимость бесчисленных компромиссов. Успех на рынке зависит от постоянного совершенствования характеристик устройств, снижения цены и сокращения времени вывода на рынок. Чем бы вы ни занимались – тестированием компонентов, подсистем или ВЧ-устройств, вы неизбежно сталкиваетесь с проблемами ВЧ-тестирования. В данном документе рассматриваются решения, которые позволяют решить следующие пять ключевых задач испытаний:

- Обеспечение соответствия требованиям стандартов
- Точные измерения ВЧ-мощности
- Устранение влияния помех на работу устройства
- Выявление и устранение проблем ЭМС
- Оптимизация энергопотребления

Обеспечение соответствия устройств требованиям стандартов и нормативов

Средства мобильной связи и передачи данных постоянно нуждаются в повышении ёмкости каналов, что справедливо и для беспроводных сетей. Разработчики пытаются решить эти задачи разными способами, каждый из которых усложняет испытания передатчиков. В качестве примера можно привести использование сложных типов модуляции, структур фреймов и схем мультиплексирования. А схемы с несколькими несущими и методы расширения пропускной способности каналов, такие как MIMO и агрегация несущих, делают картину ещё сложнее.

Поскольку сложности этих технологий нисколько не уступают сложностям стандартов и нормативов, на которые они опираются, задача настройки анализатора для выполнения проверки совместимости порождает свои собственные проблемы. Во многих случаях совершенно непрактично настраивать анализ некоторых типов сигналов вручную. Особенно это относится к измерениям демодуляции и выполнению измерений, связанных с испытаниями устройств на соответствие стандартам.



Выполнение общих измерений и измерений в соответствии с требованиями стандартов

Для многих стандартов радиосвязи производители испытательных систем предлагают специализированные инструменты для испытаний передатчиков, которые, как правило, ориентированы на серийное или опытное производство. С другой стороны, разработка и отладка передатчиков требует выполнения разнообразных измерений, выходящих далеко за рамки простой проверки характеристик и испытаний готовых изделий на соответствие стандартам. Такие дополнительные измерения включают общий спектральный анализ модулированных сигналов и измерения сигналов подсистем в различных узлах устройства. Это могут быть как обычные гармонические сигналы, так и модулированные, причем их частота не всегда соответствует частоте рабочего канала.

Очевидной платформой для таких измерений является анализатор сигналов с цифровым трактом промежуточной частоты (ПЧ) и векторной обработкой сигналов. Анализаторы сигналов могут выполнять все необходимые измерения спектра и могут быть дополнены (в момент приобретения или позже через программные обновления) прикладным измерительным программным обеспечением. Различные измерительные приложения ориентированы на конкретные стандарты радиосвязи, и по мере изменения этих стандартов приложения можно обновлять. Это позволяет использовать один анализатор и для проведения испытаний на соответствие стандартам, и для повседневных задач, связанных с анализом сигналов в ходе проектирования беспроводных устройств.

Выпускаются десятки различных видов измерительных приложений, которые охватывают все основные стандарты радиосвязи. Некоторые примеры таких приложений приведены на рисунках 1, 2 и 3.

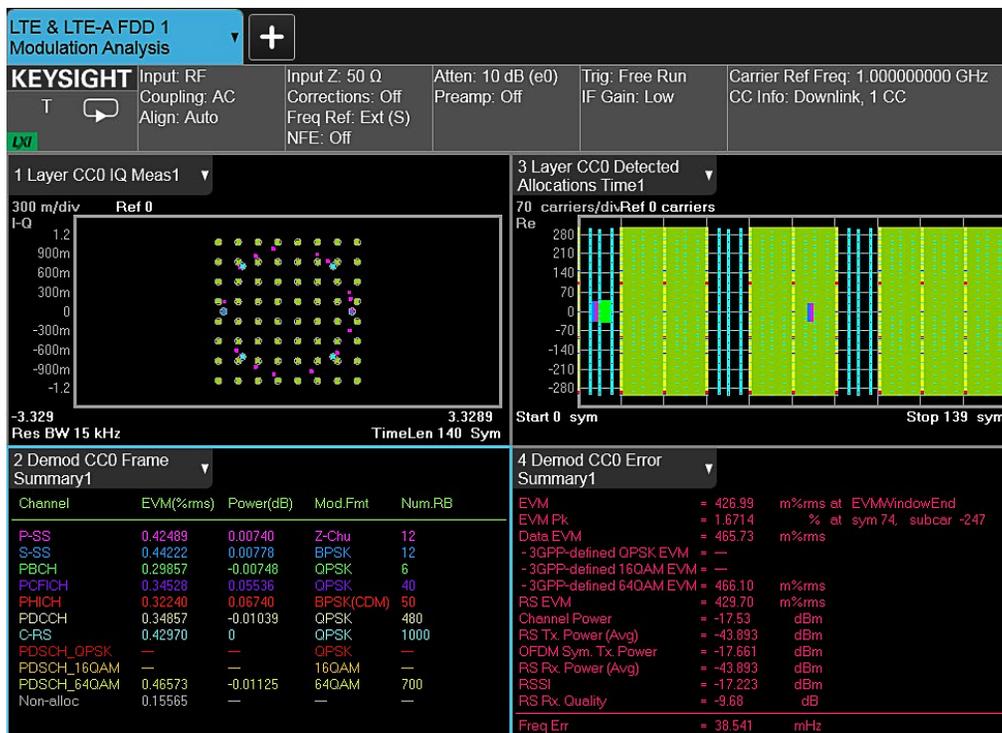


Рис. 1. Благодаря многооконному интерфейсу, измерительные приложения дают комплексное представление о качестве и поведении сигналов. На данном экране показаны результаты измерений LTE-сигналов, в том числе сигнальное созвездие, обнаруженные занятые частоты, сводная информация о фрейме и журнал ошибок. Для облегчения оптимизации и диагностики результаты измерений показаны разным цветом в зависимости от типа канала.



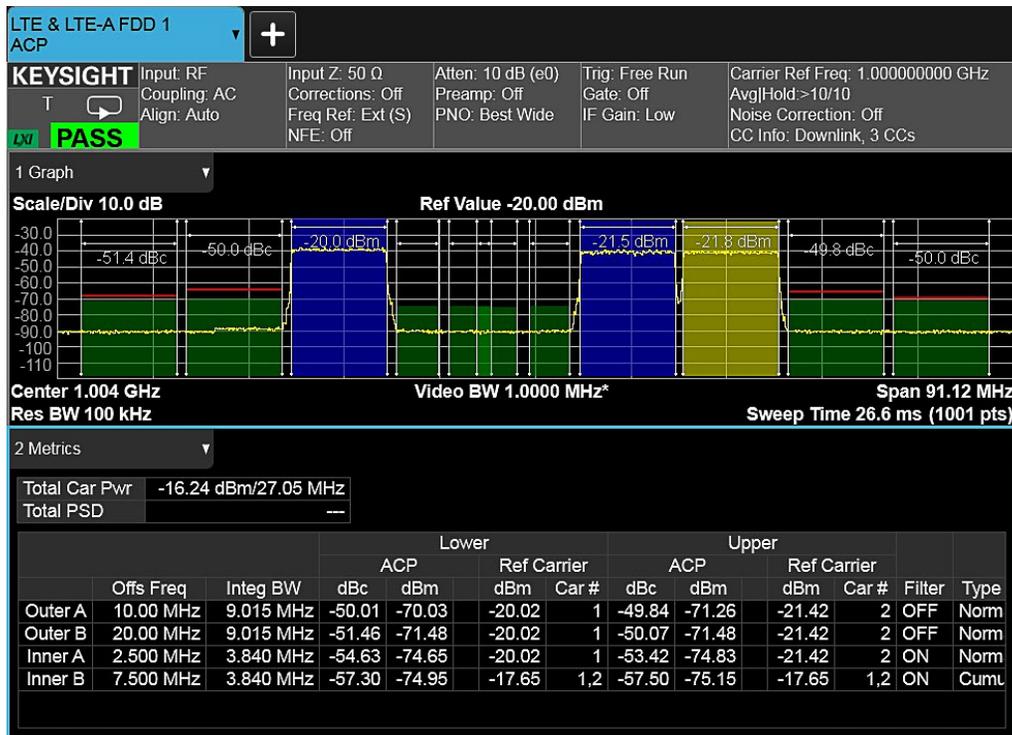


Рис. 2. Здесь хорошо видна сложность настройки измерений относительного уровня мощности в соседнем канале и коэффициента утечки мощности в соседний канал (ACPR/ACLR) современных радиосистем, когда конфигурация включает кумулятивный ACLR, возникающий из-за агрегации несмежных несущих.

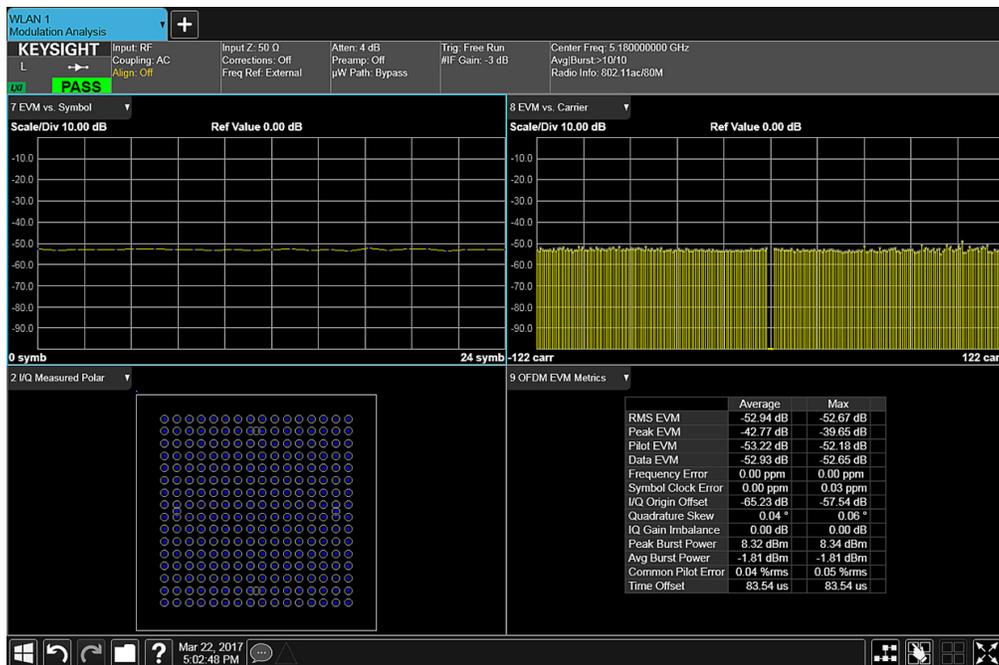


Рис. 3. На данном рисунке приведены 4 стандартных измерения EVM (Error Vector Magnitude, модуль вектора ошибки) сигнала стандарта WLAN: EVM каждого символа в созвездии, EVM на каждой поднесущей, само сигнальное созвездие и сводная таблица оценки EVM.



Большинство измерительных приложений работает на одноканальных анализаторах сигналов, но имеются и версии для многоканальных модульных анализаторов, которые позволяют выполнять полную демодуляцию сигналов MIMO. Эти приложения используют единые измерительные алгоритмы для всех анализаторов, и компания Keysight проверяет данные алгоритмы на соответствие требованиям стандартов. Кроме того, измерительные приложения обновляются по мере пересмотра и расширения требований стандартов. Общие алгоритмы и интерфейсы сокращают время на обучение работе с приложениями и программирование.

Даже повседневные измерения могут быть достаточно сложны в настройке, а предлагаемые измерительные приложения позволяют упростить их выполнение за счет простоты настройки и автоматизированных расчётов. Специализированные приложения позволяют измерять фазовый шум, ВЧ-мощность и коэффициент шума.



Проведение всесторонних и точных измерений РЧ-мощности сложных сигналов

Наличие точных результатов измерения мощности имеет критическое значение на всех этапах проектирования и производства. Нередко эти измерения выполняются на сигналах, изменяющихся во времени. Такой сигнал может исходить как от полноценного передатчика, так и от входа или выхода отдельного компонента или подсистемы передатчика или приемника.

В беспроводных системах связи многие РЧ-сигналы имеют шумоподобные характеристики, и их уровень мощности необходимо измерять в заданном диапазоне частот или канале. В этих случаях для получения точных и повторяемых результатов измерений необходимо интегрировать измеренную мощность в диапазоне частот и затем получить значение, усредненное по времени или импульсам сигналов (либо и по тому, и по другому).

Для измерений параметров беспроводных устройств применяются как измерители мощности, так и анализаторы сигналов. У каждого из этих приборов свое назначение и свои преимущества. Давайте рассмотрим каждый из них.

Выбор подходящего прибора: измеритель мощности

Измерители мощности — это недорогие и точные инструменты с отличным частотным диапазоном и согласованием источника. Измерители с взаимозаменяемыми *датчиками мощности* обеспечивают чрезвычайно широкий охват диапазона частот при хорошем согласовании комплексных сопротивлений, что способствует повышению точности измерений. Измерители мощности могут подключаться к различным точкам блок-схемы передатчика или к отдельным блокам с целью определения характеристик усилителей, аттенюаторов или преобразователей частоты. Некоторые из них имеют очень полезную функцию измерения пиковой мощности, позволяющую измерять изменяющиеся во времени сигналы, динамические элементы, тепловой эффект или эффекты, связанные с источником питания (рис. 7).

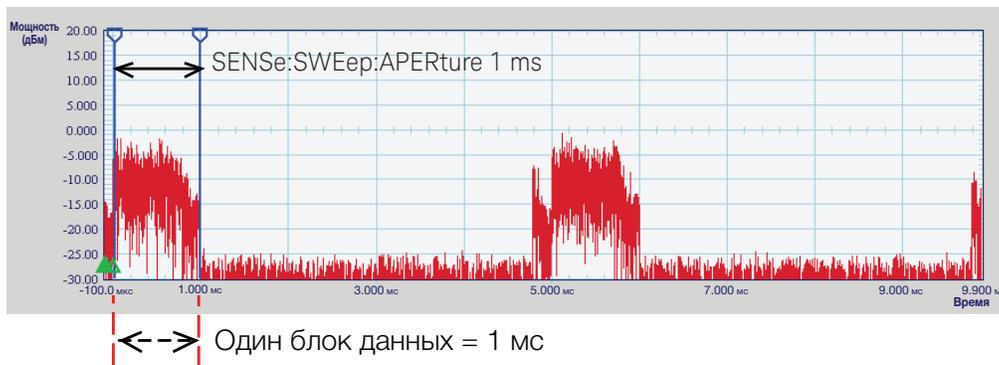


Рис. 4. Многие измерители мощности способны выполнять измерения мощности в зависимости от времени с настраиваемыми параметрами времени. Показанный график представляет собой измерение средней мощности пакетного сигнала для одного субфрейма LTE.

Главным ограничением измерителей мощности считается их широкополосность. Чувствительность в широкой полосе частот означает, что данные приборы не смогут точно измерять слабые сигналы рядом с более мощными и что для более точных измерений им потребуется более высокая амплитуда. Будучи широкополосными устройствами, они не могут сузить измеряемую полосу частот, чтобы отсеять широкополосный шум, паразитные сигналы, источники помех и пр.



Выбор подходящего прибора: анализатор сигналов

Анализаторы сигналов не могут похвастаться такой высокой точностью при измерениях мощности отдельных сигналов высокого уровня, какой обладают измерители мощности. С другой стороны, они обеспечивают множество преимуществ при испытаниях РЧ-передатчиков, будь то определение характеристик передатчиков или отдельных подсистем.

Основные преимущества анализаторов сигналов с точки зрения измерения мощности беспроводных систем обусловлены избирательностью диапазона частот и временных интервалов или во многих случаях сочетанием этих видов избирательности. За счет выбора частот можно проводить измерения по отдельным каналам или полосам частот, такие как измерения относительного уровня мощности в соседнем канале (рис. 5). Такая избирательность также снижает мощность широкополосного шума (минимальный уровень шума) в результатах измерений, способствуя повышению точности и динамического диапазона, в первую очередь для малых сигналов и сигналов близких по мощности к шуму.

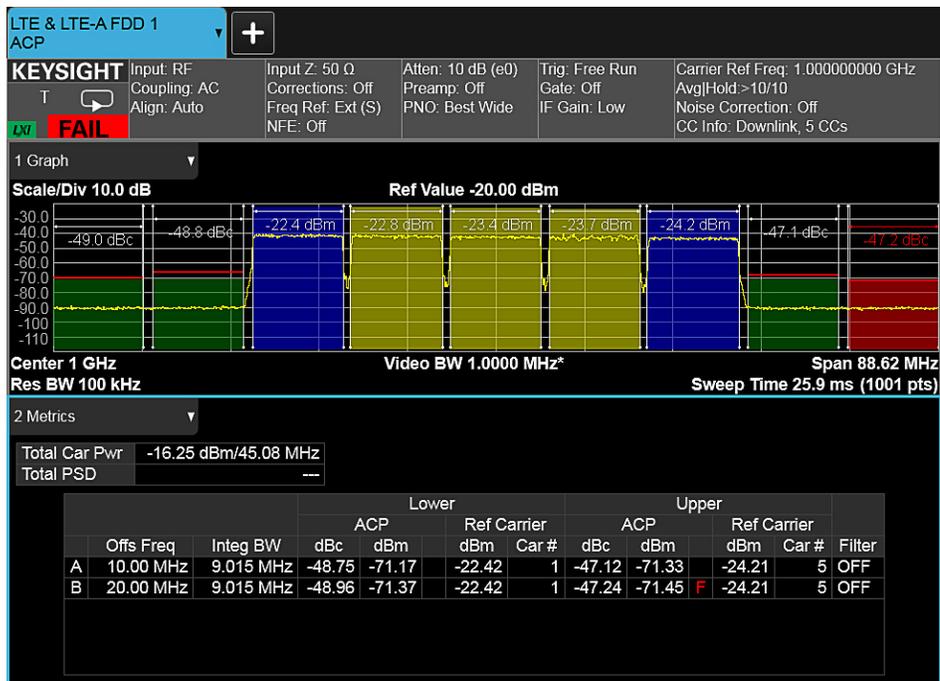


Рис.5. Распространенным показателем мощности и искажения в беспроводных системах является коэффициент мощности в соседнем канале (ACPR). Измерительные приложения автоматически конфигурируют и сравнивают измерения в основном и соседних/альтернативных каналах и представляют результаты в графической и табличной формах.

По сравнению с измерителями пиковой мощности, анализаторы сигналов обеспечивают более высокую избирательность во временной области для измерений мощности в зависимости от времени. Действительно, одним из основных видов измерений мощности, для которого используются данные анализаторов, являются избирательные измерения мощности в зависимости от времени в одиночном канале, результаты которых позволяют получить представление о динамическом изменении мощности в данном канале во время передачи пакета данных или фрейма.

Использование измерительных приложений для сложных задач

Часто бывает необходимо провести относительные измерения в диапазонах частот нескольких соседних и альтернативных каналов, чтобы проследить за выбранным разнесением каналов и ограничениями по мощности. Измерительные приложения легко справляются с подобными измерительными задачами:

- мощность сигнала и статистические данные варьируются в различных интервалах передачи, поэтому нередко требуется измерять отдельные участки пакетов или фреймов передатчика. В качестве примера можно назвать демонстрационную последовательность OFDM-сигналов с четко заданными мощностью и временными интервалами;
- нужны согласованные и совместимые методы усреднения и детекторы, иначе на выходе будут непредсказуемые и несогласованные результаты (то есть не будет обеспечиваться воспроизводимость измерений);
- искажения, выявленные в измерении ACPR, могут соответствовать требованиям спецификации, предусматривающей различные допуски на разных этапах разработки устройства.



Поиск, измерение и устранение помех, в частности паразитных и переходных сигналов

Важно хорошо представлять спектральный состав выходного сигнала радиопередатчиков, в том числе их динамические характеристики. Конечно, из-за импульсной природы сигналов, занимающих спектр, здесь могут присутствовать переходные сигналы, зачастую с очень высокой скважностью. Самая неприятная проблема заключается в том, что скважность этих сигналов может сильно изменяться из-за асинхронного характера передачи и схем мультиплексирования. Из-за этого некоторые переходные сигналы очень трудно выявить и измерить.

Как уже говорилось, эти проблемы особенно актуальны в современной перегруженной спектральной обстановке. И хотя некоторые коллизии или помехи могут быть сравнительно редкими, источники основных помех, скорее всего, будут замечены.

Анализаторы спектра и сигналов всегда были основными приборами для обнаружения и измерения паразитных сигналов и помех. В последние годы архитектура многих анализаторов спектра прошла путь от аналоговых до цифровых трактов ПЧ и от скалярной до векторной обработки сигналов. Теперь такие приборы принято называть *анализаторами сигналов*, подчёркивая их более универсальные и мощные аналитические возможности. Во многих случаях анализаторы сигналов выпускаются в виде базовых моделей с базовыми функциями анализа спектра, но их можно обновлять и превращать в мощные инструменты для измерения паразитных сигналов и прочих помех.

Быстрое свипирование: эта специальная функция обработки сигналов существенно повышает скорость свипирования при использовании узких полос разрешения. Скорость свипирования возрастает в десятки раз, делая доступным целый ряд преимуществ при измерении паразитных сигналов и помех:

- Большее число измерений за интервал времени повышает шансы обнаружения редко возникающих сигналов. Эту характеристику иногда называют *вероятностью обнаружения*.
- Измерения с более узкой полосой разрешения улучшают идентификацию проблемных сигналов в плотно занятом спектре.
- Улучшенное отношение сигнал/шум и меньший уровень собственных шумов позволяют обнаруживать малые сигналы вблизи шумового порога. Во многих случаях меньший уровень собственных шумов, непосредственно связанный с функцией быстрого свипирования, помогает извлечь полезную информацию из тех измерений, которые ранее считались неподходящими для данной системы.

Быстрое свипирование также может повысить вероятность обнаружения паразитных сигналов или помех, даже в сочетании с другими базовыми функциями, такими как функция удержания пикового значения. Однако анализаторы сигналов предлагают и другие еще более мощные возможности.



Анализ спектра в режиме реального времени (RTSA): в некоторых анализаторах сигналов применяются специализированные ИС и ПЛИС, которые обеспечивают очень высокую скорость обработки сигналов в цифровых трактах ПЧ. Анализаторы, работающие в режиме анализа спектра в реальном времени, используют свою вычислительную мощность для непрерывной обработки всех выборок сигнала в указанной полосе частот. Обычно результаты такой обработки ограничены стандартными характеристиками спектра мощности (т.е. не являются векторными), но при этом можно гарантировать, что ни один участок спектра не будет потерян. Это обеспечивает почти стопроцентную вероятность обнаружения редких, слабых и паразитных сигналов, существенно повышая достоверность измерений помех.

Запуск по частотной маске (FMT): функция FMT опирается на обработку спектра в реальном времени. Запуск по частотной маске можно представить как расширенную версию запуска по уровню в ПЧ, которая обычно присутствует в векторных анализаторах сигналов и в некоторых анализаторах спектра. Для улучшения этой функции появилась возможность вручную настраивать спектральную маску, выход за пределы которой запускает некоторое действие: измерения, вывод результатов или захват сигнала. В большинстве случаев запуск выполняется при нарушении или пересечении границ маски; однако обработку можно настроить так, чтобы запуск выполнялся при выходе сигнала за пределы маски или при выходе и последующем входе. Как и в случае использования анализа спектра в реальном времени, основное преимущество данной функции заключается том, что она гарантирует обнаружение всех сигналов, переходов или событий, нарушающих маску или отвечающих определённым логическим условиям.

Векторный анализ сигналов (VSA): как и следует из названия, данный режим использует полную векторную обработку сигнала и, следовательно, может включать любые типы измерений в частотной, временной или модуляционной областях. Он особенно полезен для измерения цифровой модуляции и многорежимного анализа, в котором анализ частоты и времени синхронизируется с измерением качества модуляции для диагностики неисправностей.

Захват и воспроизведение сигналов: большой объём высокоскоростной памяти может сочетаться с векторной обработкой ПЧ для полного непрерывного захвата сигнала. Эта способность присуща функции векторного анализа сигналов и, как правило, сочетается с инструментами последующей обработки или воспроизведения. В общем случае выполняется захват широкополосного сигнала, после чего анализируются отдельные сигналы или более узкие каналы частот.

Благодаря полному захвату сигнала в память, с записанным сигналом можно выполнять любой тип анализа как в частотной, так и во временной областях без повторного захвата. Такие возможности особенно полезны для анализа переходных сигналов или однократных выбросов и позволяют также измерять однократно встречающиеся сегменты длинных сигналов, пакетов или фреймов. Поскольку захват сигнала идёт непрерывно, событие запуска лишь помечает в сигнале точку запуска, делая доступной информацию до и после запуска. Таким образом, можно измерить сигнал до момента запуска, что позволяет установить причинно-следственные связи и временные соотношения между сигналами.

Говоря о записи сигнала и его анализе во время воспроизведения, стоит упомянуть две другие возможности. Во-первых, для обработки записанных данных во время воспроизведения функция векторного анализа сигналов обычно использует передискретизацию и цифровой гетеродин. Эти операции позволяют менять центральную частоту и полосу обзора в ходе последующей обработки.

Во-вторых, непрерывный характер захвата можно сочетать с измерением спектральной плотности, например, со спектрограммой, для визуализации всех видов активности в течение времени захвата. В результате скорость обработки может достигать сотни тысяч или даже миллионов рассчитанных спектров в секунду. Это позволяет лучше исследовать высокоскоростные и сложные сигналы, выявлять помехи и устанавливать их причины.



Эффективность процесса измерений

В системах беспроводной связи, где сигналы меняются во времени, а также меняются и потенциальные источники паразитных сигналов и помех, полезно применять последовательность тестов разного типа, которая гарантирует обнаружение всех сигналов, точные измерения их параметров и глубокий анализ. Эти тесты объединяются в измерительный процесс, помогающий получить достоверные результаты за меньшее время.

- Проверьте, насколько ваши представления о возможных источниках помех в исследуемом сигнале соответствуют действительности: лучше всего начать с анализа спектра с использованием свипирования, а также с изучения поведения системы в условиях известных источников помех и определения этих источников. Если вам известна амплитуда, частота или временные характеристики, вы можете перейти к захвату сигнала в ПО VSA, например, с помощью запуска по уровню ПЧ или с отрицательной задержкой запуска для захвата начала переходного процесса.
- Используйте функцию анализа спектра в реальном времени: если вы подозреваете наличие помехи, но ничего или почти ничего о ней не знаете (или хотите найти её, если она есть), попробуйте применить функцию анализа спектра в реальном времени. Хотя это измерение чисто скалярное, не дающее информации о поведении сигнала во временной области, оно гарантирует обнаружение сигналов, даже если вы о них заранее ничего не знаете (рис. 6). Если вам важны временные характеристики сигналов, попробуйте применить запуск по времени.

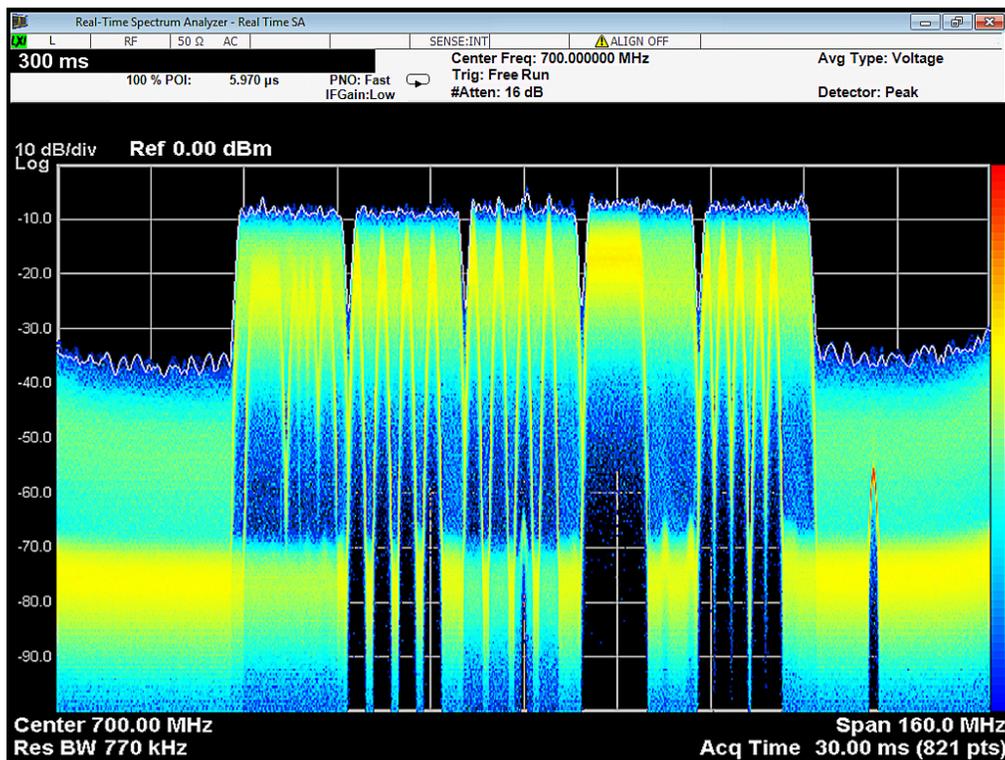


Рис.6. Измерения спектра сигнала LTE-Advanced с пятью несущими в режиме реального времени показывают присутствие внутрисполосных и внеполосных помех.



- Используйте функцию запуска по частотной маске: если вам не удаётся выделить проблемный сигнал с помощью запуска по уровню, функция запуска по частотной маске позволяет сосредоточиться на спектральных аспектах, и, кроме того, вы сможете запустить отдельные измерения или захваты сигнала (рис. 7).

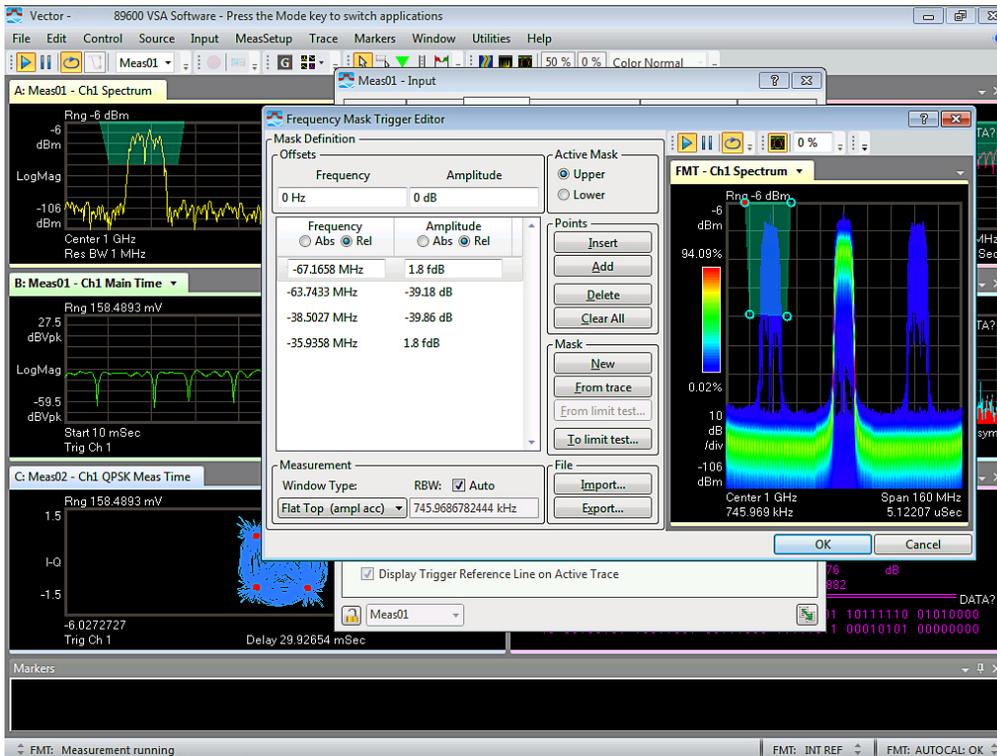


Рис.7. Функцию запуска по частотной маске можно использовать в режиме анализа спектра реального времени на анализаторе сигналов, а также в ПО VSA. В ПО VSA запуск по спектральной маске можно настроить таким образом, чтобы выбрать для демодуляции определённый скачок по частоте.

- Используйте воспроизведение или последующую обработку: после захвата исследуемого сигнала используйте воспроизведение или последующую обработку в ПО VSA. Большой объём памяти и графические инструменты позволяют выбрать нужную часть сигнала по отношению к моменту времени, соответствующему некоторому уровню ПЧ, частотной маске или временному параметру.
- Исследуйте сигнал в процессе воспроизведения: в ходе воспроизведения можно свободно менять центральную частоту и полосу обзора, фокусируясь на нужной частоте без повторного захвата (пока сигнал располагается в пределах исходной полосы захвата).
- Меняйте типы анализа и режимы отображения: это очень мощный способ получения полной информации о помехах за счёт применения методов, принятых для анализа немодулированных сигналов. Для идентификации сигнала и его наиболее важных параметров можно использовать временные и частотные маркеры, расчёт мощности в полосе и даже демодуляцию. Спектрограммы и графики спектральной мощности могут выявить важные особенности поведения сигнала и его взаимосвязь с полезными сигналами.

Как уже говорилось, анализаторы сигналов, обладающие достаточной вычислительной мощностью и векторной архитектурой для векторного анализа и анализа в режиме реального времени, позволяют предпринять некоторые дополнительные шаги, выходящие за рамки базового анализа спектра. Как правило, имеющиеся приборы можно модернизировать с помощью программных лицензионных ключей.

И последнее замечание о помехах: некоторые помехи неизбежны, но их можно устранить с помощью определенных методов, таких как предотвращение коллизий или повторные передачи. Описанные здесь шаги помогут вам лучше понять характер помех во временной и частотной областях, создавая надёжную основу для разработки решений и оценки возможной степени их влияния.



Поиск и устранение проблем ЭМС на самых ранних этапах

Электромагнитные помехи (ЭМП) всегда являются непростой задачей для радиоинженеров, пытающихся соблюсти требования нормативных документов и в то же время обеспечить совместимость в плотно занятом спектре. И хотя формальные сертификационные испытания очень важны, они выполняются на самых последних этапах процесса разработки, создавая риск задержки выпуска нового изделия и потенциальную возможность дорогостоящих доработок и повторных испытаний. Поиск и устранение таких проблем на ранних этапах – во время проектирования и проверки конструкции – обычно выполняется проще и обходится дешевле (рис. 8).

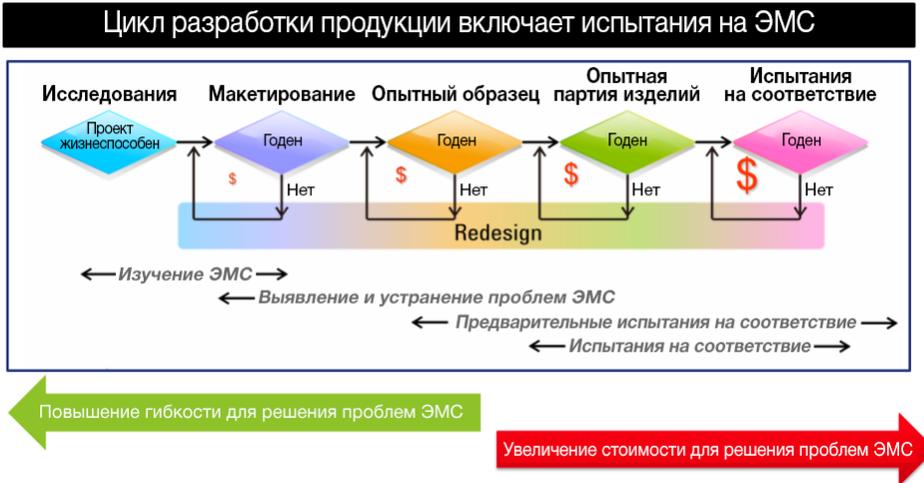


Рис. 8. Предварительные испытания помогут выявить проблемы на ранних этапах разработки, когда решить эти проблемы проще и дешевле. Кроме того, они могут снизить риск доработки и связанных с этим задержек.

Для испытаний на ЭМС применяются специальные виды измерений, отличные от типичного анализа спектра. Например, необходимо использовать специальные полосы частот и такие детекторы, как «квазипиковый» (который, в отличие от пикового или усредняющего детектора, рассчитывает значение сигнала как функцию от частоты повторения). Эти детекторы и некоторые полосы измерения, как правило, не используются во время обычного анализа сигналов или спектра.

Поэтому сами разработчики, как правило, не проводят испытания на ЭМС. Они проводятся в специальной лаборатории сторонней организации. Если выполнять данные испытания на самых ранних этапах процесса разработки, то конечные сертификационные испытания на ЭМС превращаются в простую формальность.

Испытаний IoT-устройств на ЭМС

В ходе разработки устройства Интернета вещей (IoT) может возникнуть целый комплекс проблем при их испытаниях на ЭМС. Одни устройства включают в себя электромоторы или иные индуктивные нагрузки, а другие могут использоваться для управления такими нагрузками. При коммутации электродвигателя возникают мощные электромагнитные помехи, а соединительные кабели способствуют их эффективному излучению. При проектировании таких устройств особенно важно тщательное тестирование начиная с самых ранних этапов разработки.



Применение специальных инструментов для испытаний на соответствие стандартам

Для повышения вероятности прохождения испытаний на соответствие требованиям стандартов с первой попытки можно выполнить собственные предварительные измерения. Для этого понадобится анализатор сигналов с приложением для проведения предварительных квалификационных измерений на соответствие нормативным требованиям к излучаемым ЭМП.

Примерный список измерительных решений:

- Анализаторы сигналов со стандартной функцией измерений ЭМП. Такие анализаторы содержат специальные фильтры ЭМП, настройки предельных линий и функционал коррекции результатов измерений для реализации различных коэффициентов усиления антенны. Этот набор инструментов расширяет возможности повседневных спектральных измерений, выполняемых по базовой схеме с типовыми конфигурациями предельных значений для исследования присутствующих сигналов и выявления наиболее вероятных проблем.
- Анализаторы сигналов с измерительными приложениями для испытаний на электромагнитную совместимость (ЭМС). Такие анализаторы должны поддерживать диапазоны, детекторы и полосы, определённые Специальным международным комитетом по радиопомехам (CISPR), специальные режимы измерений с несколькими детекторами в положениях, указанных маркерами, а также возможность прослушивания для распознавания различий в сигналах. Базовое приложение для испытаний на ЭМС позволяет количественно оценить проблемные сигналы. Поскольку это решение дает возможность сопоставить результаты предварительных испытаний с проблемами, которые могут возникнуть в процессе сертификации устройства на соответствие требованиям по ЭМС, оно повышает шансы обнаружения и устранения проблем до передачи изделия на окончательные испытания.
- Анализаторы сигналов с полнофункциональными приложениями для измерения ЭМП. Такие анализаторы могут выполнять полную проверку на соответствие стандартам, включая автоматические испытания по предельным значениям. Также они позволяют установить допуски по измерениям, обеспечивающие надёжное соответствие требованиям нормативов. Как правило, эти приложения создают базу данных не соответствующих требованиям излучений, позволяя отслеживать их в ходе доработок и дальнейшего тестирования, что ускоряет процесс повторных испытаний. Кроме того, эти приложения предлагают специальные режимы представления результатов, включая ленточные диаграммы, облегчающие анализ зависимости излучения от времени (рис 9).

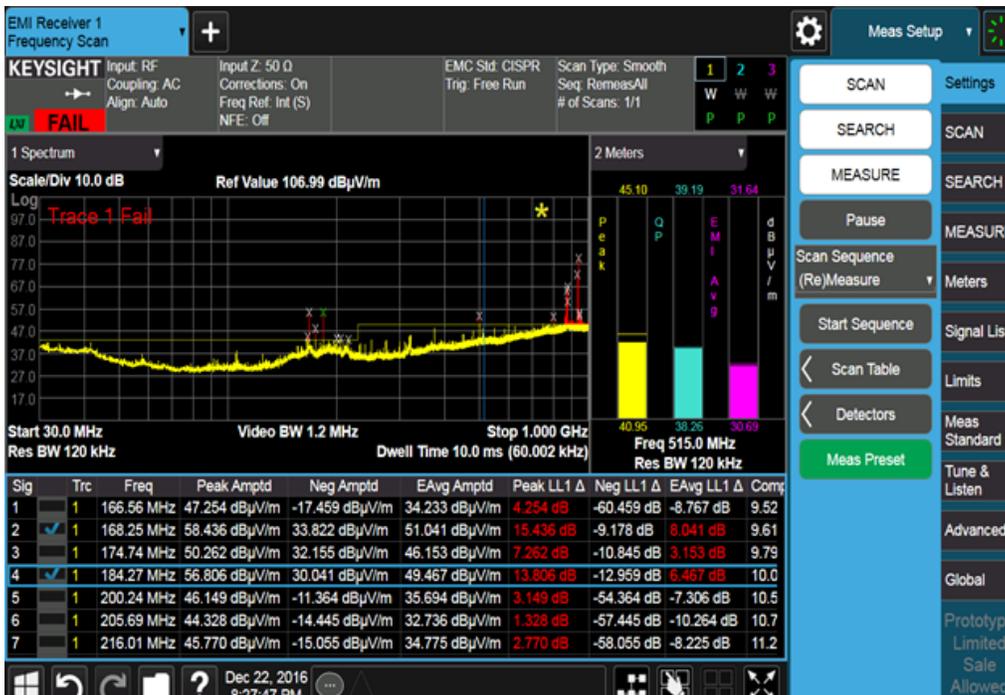


Рис. 9. Приложения для измерений ЭМП для анализаторов сигналов позволяют отображать все важные данные на одном экране. На графике спектра хорошо видны сигналы помех, детально описанные в таблице ниже. Амплитуды сигналов измеряются несколькими детекторами и выделяются разными цветами.



- **Пробники ближнего поля:** эти принадлежности необходимы для предварительных испытаний, в частности для диагностики неисправностей и проверки конструкции. Обычно они используются для отслеживания излучений до уровня печатных плат, модулей, цепей и даже отдельных компонентов. Подобно анализаторам сигналов, они облегчают выявление и устранение проблем, позволяя сфокусироваться на поиске паразитных сигналов.
- **Небольшие экранированные или полубезэховые камеры:** такие камеры отделяют внешние сигналы от нежелательных излучений, решая тем самым одну из самых сложных проблем измерения ЭМП. Реальные антенны часто излучают огромное количество сигналов, и некоторые из них могут сильно меняться во времени. Современные лаборатории содержат множество других источников излучений, и трудоёмкий процесс поиска этих источников и учёта или устранения их влияния на результаты измерения можно существенно облегчить, применив экранированную камеру.¹

1. С учётом сэкономленного времени, затраты могут быть вполне оправданы даже для небольших лабораторий. Альтернативно можно использовать открытые испытательные полигоны, если таковые доступны.



Ограничение энергопотребления без ущерба качеству сигнала

Традиционные мобильные устройства нуждаются в частой подзарядке, и без оптимального управления питанием невозможно создать конкурентоспособное решение, удовлетворяющее конечных пользователей. Следовательно, физические размеры и вес элементов питания должны вписываться в проектную концепцию.

Так как большинство портативных устройств работают от заряжаемых аккумуляторов ограниченной емкости, они должны экономно расходовать энергию. Аккумуляторы и преобразователи напряжения зачастую обладают значительным выходным сопротивлением и плохо приспособлены для динамического изменения потребляемой мощности по причине низкой скорости нарастания выходного напряжения и тока. Стандартные лабораторные источники питания с возможностью подачи питания в течение практически неограниченного времени (в отличие от аккумуляторов) на деле могут замаскировать проблемные моменты.

Ограниченные возможности батарей, источников и преобразователей питания вынуждают находить компромисс между мгновенной и общей мощностью и характеристиками РЧ-модуля. Такой компромисс важен не только для функциональных возможностей, но и для конкурентоспособности решения. Например, размер устройства, его масса и время работы от батареи значительно влияют на предпочтения потребителей и считаются важными конкурентными преимуществами.

Существует еще одно стремительно развивающееся направление с особыми потребностями — устройства Интернета вещей, в особенности такие устройства, которые периодически обмениваются малыми объемами данных с хост-системами или другими устройствами. Такие устройства зачастую работают от небольших элементов питания вместо аккумуляторов или сети переменного тока, при этом они должны сохранять работоспособность несколько месяцев или даже лет до замены элемента питания. Примерами таких устройств бытовой техники могут служить термостаты, датчики движения, выключатели света и датчики охранной сигнализации.

Ключевое значение для таких устройств имеет низкое энергопотребление в периоды активной работы. Вместе с тем не меньше сложностей создают для радиоинженеров режимы покоя со сверхмалым энергопотреблением. Только при наличии точных данных о потреблении энергии в состоянии покоя и при правильной организации переходов между состояниями сна и активной работы можно удовлетворить ожидания потребителей к сверхдлительным интервалам между обслуживанием или заменой.



Поиск компромиссов в вопросах энергопотребления

Чтобы добиться надежной и энергоэффективной работы устройства, особенно с низким или сверхнизким уровнем мощности, необходимо пойти на ряд инженерных компромиссов и провести множество измерений. Над чем бы вы ни работали - над устройством или подсистемой, - рекомендуется начать с измерений реальной потребляемой мощности. В этом вам помогут анализаторы питания постоянного тока, объединяющие в себе несколько источников постоянного тока и точные средства измерения мощности (рис. 10). Это относительно новая категория приборов, позволяющая упростить процесс измерений и более детально изучить энергопотребление устройств (рис. 11).



Рис. 10. Анализатор питания постоянного тока производит динамический анализ потребления мощности, помогающий выяснить, как расходуется энергия батареи, и понять требования к электропитанию.

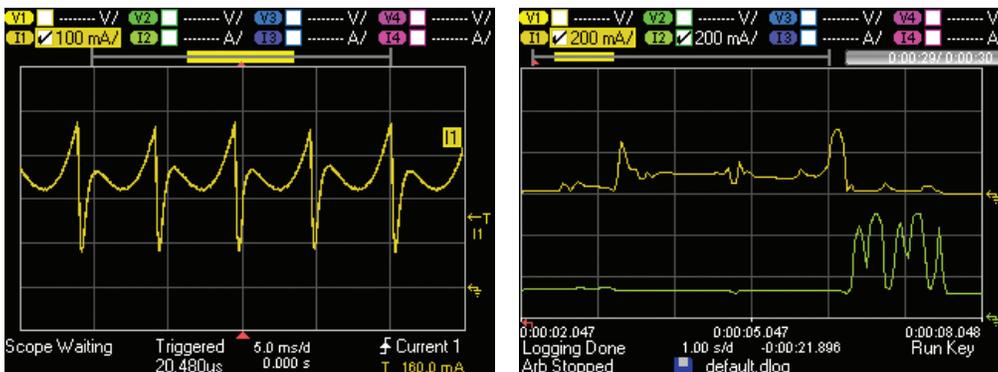


Рис. 11. Динамика потребления тока за 30 мс на экране осциллографа (слева) и за 30 секунд на экране регистратора данных (справа). Подобные измерения дают более полное представление о том, как устройство или система потребляют энергию в реальных условиях.

При изучении особенностей энергопотребления устройств необходимо учитывать как краткосрочные, так и долгосрочные аспекты. Анализаторы питания позволяют проводить измерения во временной области (аналогично осциллографу), результаты которых помогают выявить колебания потребляемой мощности, в частности пиковое потребление, быстро разряжающее источник питания устройства. Другой взгляд на потребление может быть получен с помощью диаграмм регистратора данных или ленточных диаграмм, которые предоставляют данные об энергопотреблении за более продолжительные периоды времени — секунды или минуты. Эти измерения часто бывают необходимы для вычисления суммарной потребляемой мощности при проектировании источников питания, преобразователей и батарей. Также они дают представление о рассеивании мощности подсистемами или компонентами, которые могут иметь ограниченные температурные характеристики.



Имитация профилей напряжения и тока

Ознакомившись с базовой информацией, перейдем к поиску оптимального баланса, обеспечивающего требуемое питание при минимальных габаритах и стоимости. Для этого нам понадобятся источники питания, способные реалистично подавать специально ограниченное питание. Такие источники помогают инженерам найти баланс с учетом предельных значений и обеспечить оптимальные характеристики устройства с максимально компактным источником питания.

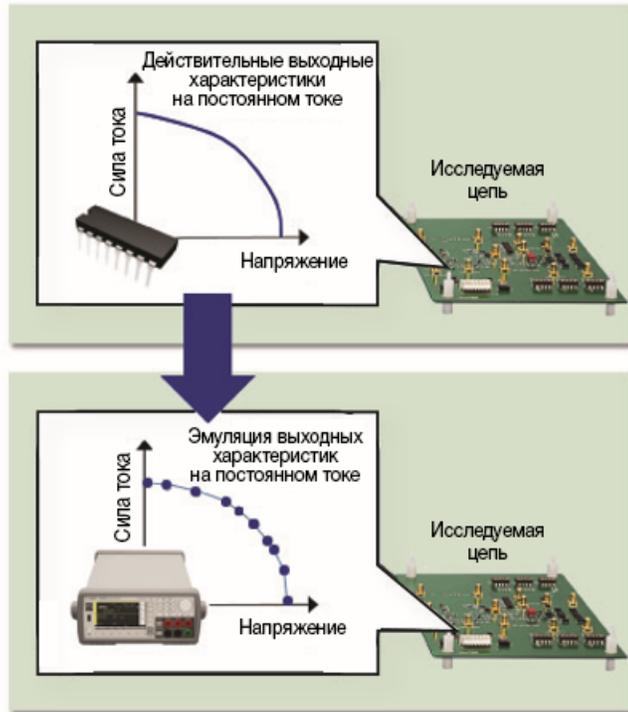


Рис. 12. Источник питания Keysight с низким уровнем собственных шумов способен имитировать выходные характеристики различных элементов питания, позволяя проанализировать поведение устройства в реальных условиях с ограниченным зарядом.

Такие решения, как малошумящий источник питания Keysight B2961/62A, достоверно имитируют выходные характеристики и обеспечивают в числе прочего программируемое выходное сопротивление, очень низкие значения силы тока и сверхнизкий шум. Такие источники питания могут работать в режиме имитации напряжения/тока, что позволяет использовать их для электроснабжения АЦП, ЦАП, радиочастотных интегральных схем, генераторов с управлением напряжением, датчиков, измерительных преобразователей и кварцевых генераторов. Режим имитации работает по заданным картам с точками напряжения/тока, с помощью которых имитируются разные устройства, к примеру солнечные элементы.



Измерение и анализ сверхнизких уровней тока

В портативных устройствах для продления работы при сверхнизком энергопотреблении может потребоваться применить некую систему очередности и распределения мощности, чтобы исключить повышенную нагрузку из-за одновременной работы радиочастотных и вычислительных компонентов. Для определения этого сценария требуются приборы, способные измерять низкий ток в широкой полосе частот, в сочетании с внешним источником питания или собственным источником питания системы. Одним из таких приборов является анализатор формы сигнала тока Keysight CX3300A, который также представляет собой сравнительно новое решение в области измерения мощности постоянного тока. Как правило, данный анализатор используется с аналоговыми пробниками, совместимыми с испытуемой цепью, но он также может быть оборудован цифровыми пробниками, чтобы скоординировать измерения питания с управляющими сигналами устройства (рис. 13).

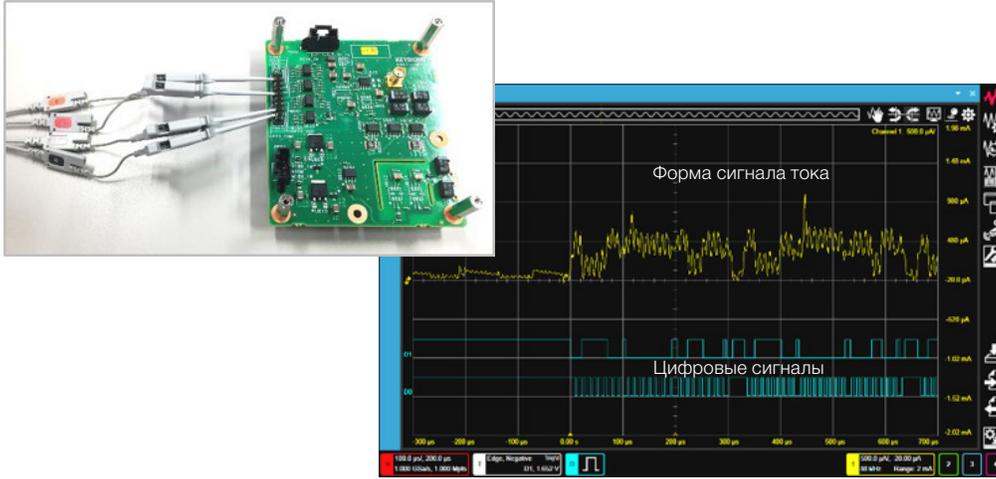


Рис. 13. Анализатор формы сигнала тока оснащен аналоговыми и цифровыми входами, при этом он способен совмещать поступающие с них анализируемые данные. Состояние шины данных может быть сопоставлено с текущим потреблением тока и может использоваться для запуска других измерений на анализаторе ВЧ-сигналов или векторном анализаторе сигналов.

Благодаря чувствительности анализатора в полосе пропускания 200 МГц фиксируются переходные токи, которые могут перегрузить источник питания или повредить цепи. Цифровые пробники предоставляют возможности запусков измерений, а глубокая память позволяет изучить форму тока в моменты, отличные от времени срабатывания триггера.²

В некоторых устройствах обеспечение чистого и непрерывного питания постоянного тока нуждается в контроле при любых изменениях рабочего состояния, уровня заряда или проектной конфигурации — все эти факторы могут повлиять на характеристики в радиочастотном диапазоне. Логичными последствиями ограничения питания постоянного тока в системе являются снижение радиочастотной мощности и искажение сигнала, но возможны и другие эффекты, в том числе повышение погрешности модуляции. Возможность сопоставить радиочастотные измерения с показателями мгновенного потребления постоянного тока и цифровой активностью системы предоставляет эффективные средства оптимизации и устранения проблем, особенно при анализе переходных состояний передачи или приема сигнала, работе нескольких приемопередатчиков и активной работе блока цифровой обработки сигналов.

Способность анализатора формы сигнала тока срабатывать при выявлении последовательностей, определенных состояний и случайных выбросов отлично сочетается с имеющимися у векторных анализаторов сигналов возможностями захвата, воспроизведения и постобработки сигналов. Общая последовательность измерений начинается с функций запуска в анализаторе формы сигнала тока. С их помощью создается внешний сигнал запуска, инициирующий одиночное измерение или захват сигнала с помощью векторного анализатора сигналов. Положительные или отрицательные (до срабатывания триггера) задержки позволяют согласовать измерения напряжения или потребления мощности (и связанных случайных выбросов или других проблем) с измерениями радиочастотной мощности, спектра или качества модуляции. Синхронные операции захвата и соответствующие спектральные измерения обсуждались выше в разделе «Поиск, измерение и устранение помех».

2. Более подробная информация представлена в брошюре «7 советов по точному измерению тока» (7 Hints for Precise Current Measurements).



Выводы

Проектирование любой системы беспроводной передачи данных – непростая задача с жесткими требованиями и необходимостью многочисленных компромиссов. Существующие стандарты и задачи охватывают весь частотный диапазон, от постоянного тока до РЧ, достигая подчас СВЧ и даже миллиметрового диапазона. Оптимальные решения этих задач определяются вашим опытом, знаниями и творческим подходом, а в реализации помогут анализаторы, источники питания и измерительные приложения.

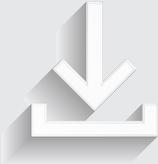
Дополнительные советы по выполнению измерений приведены в **блоге, посвящённом ВЧ-измерениям**. Дополнительная информация об анализаторах сигналов компании Keysight приведена на странице www.keysight.com/find/sa.



Download your next insight

Программное обеспечение компании Keysight является воплощением профессионального опыта и знаний ее сотрудников. Мы готовы обеспечить вас инструментами, которые помогут сократить сроки сбора первичных данных и принятия решений на всех этапах — от предварительного моделирования изделия до отгрузки готового продукта заказчику.

- Системы автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронных устройств
- Прикладное программное обеспечение
- Среды программирования
- Программное обеспечение для повышения производительности



Более подробную информацию вы можете получить по ссылке

www.keysight.com/find/software

30-дневную ознакомительную лицензию можно загрузить по ссылке

www.keysight.com/find/free_trials

Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, услуг, знаний и опыта наших инженеров поможет вам воплотить в жизнь новые идеи. Мы открываем двери в мир технологий будущего.

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight.



myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Индивидуальная подборка наиболее важной для вас информации.

http://www.keysight.com/find/emt_product_registration

Зарегистрировав свои приборы, вы получите доступ к информации о состоянии гарантии и уведомлениям о выходе новых публикаций по приборам.

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Услуги ЦСМ Keysight

www.keysight.com/find/service

Центр сервиса и метрологии Keysight готов предложить вам свою помощь на любой стадии эксплуатации средств измерений – от планирования и приобретения новых приборов до модернизации устаревшего оборудования. Широкий спектр услуг ЦСМ Keysight включает услуги по поверке и калибровке СИ, ремонту приборов и модернизации устаревшего оборудования, решения для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое, что поможет вам повысить качество ваших разработок и снизить затраты.

Планы технической поддержки Keysight

<http://www.keysight.com/find/AssurancePlans>

ЦСМ Keysight предлагает разнообразные планы технической поддержки, которые гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

Торговые партнёры Keysight

www.keysight.com/find/channelpartners

Получите лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

www.keysight.com/find/sa



Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительств приведен на сайте www.keysight.com/find/contactus

Северная и Южная Америка

Канада	(877) 894 4414
Бразилия	55 11 3351 7010
Мексика	001 800 254 2440
США	(800) 829 4444

Страны Азиатско-Тихоокеанского региона

Австралия	1 800 629 485
Китай	800 810 0189
Гонконг	800 938 693
Индия	1 800 11 2626
Япония	0120 (421) 345
Корея	080 769 0800
Малайзия	1 800 888 848
Сингапур	1 800 375 8100
Тайвань	0800 047 866
Другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона	(65) 6375 8100

Европа и Ближний Восток

Австрия	0800 001122
Бельгия	0800 58580
Финляндия	0800 523252
Франция	0805 980333
Германия	0800 6270999
Ирландия	1800 832700
Израиль	1 809 343051
Италия	800 599100
Люксембург	+32 800 58580
Нидерланды	0800 0233200
Россия	8800 5009286
Испания	800 000154
Швеция	0200 882255
Швейцария	0800 805353
	Доб. 1 (Германия)
	Доб. 2 (Франция)
	Доб. 3 (Италия)
Великобритания	0800 0260637

Контактная информация для стран, не вошедших в список, приведена на странице www.keysight.com/find/contactus (BP-9-7-17)



www.keysight.com/go/quality

Система управления качеством Keysight Technologies, Inc. сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2015

Информация может быть изменена без уведомления.
© Keysight Technologies, 2018
Published in USA, February 2, 2018
5992-2696RURU
www.keysight.com

