

Решения

Для исследования эффектов памяти в микроволновых компонентах активных устройств

Применение X-параметров для измерения характеристик и моделирования эффектов долговременной памяти широкополосных модулированных сигналов

Рекомендации по применению



Обзор

Разработчики усилителей мощности (УМ), используемых в современной инфраструктуре беспроводной связи, сталкиваются со многими уникальными проблемами, зачастую связанными с измерением и моделированием линейных и нелинейных параметров компонентов. Эту задачу дополнительно усложняют эффекты долговременной памяти, которые делают описание характеристик УМ, а следовательно и разработку изделий с УМ, еще более сложной.

Что такое эффект памяти? Система без памяти описывается выражением $y(t) = f(x(t))$, где $y(t)$ – выходной сигнал, $x(t)$ – входной сигнал, а f – линейная или нелинейная функция. Выход такой системы в любой момент времени зависит только от значения входного сигнала в этот момент времени. В системе с памятью это не так. Выход в данный момент времени может зависеть не только от текущего входного значения, но и от предыдущих входных и выходных значений. Общие симптомы, заставляющие разработчика предположить наличие памяти в системе, проявляются в том, что измеренные интермодуляционные искажения (например, интермодуляционные составляющие третьего порядка) усилителя меняются в зависимости от разности частот между двумя воздействующими сигналами, верхняя и нижняя боковые полосы интермодуляционных составляющих третьего порядка демонстрируют несимметричность, или зависимость АМ-АМ и АМ-ЧМ характеризуется гистерезисом и неоднозначной реакцией на подачу модулированных сигналов.

Особенно сложные проблемы вызывает долговременный эффект памяти, когда память сохраняется в течение времени, на несколько порядков превышающего период частот несущей или даже частоты модулирующего сигнала. Долговременные эффекты памяти связаны с целым рядом факторов, включая меняющиеся во времени условия работы, такие как динамический саморазогрев, модуляция смещения и явление захвата носителей заряда в полупроводниках, которые вызываются входным сигналом и изменяются достаточно медленно по сравнению со скоростью изменения модулирующего сигнала.

Предвидеть — Оперезжать — Побеждать

Проблема

Моделирование эффектов памяти таких СВЧ устройств, как УМ, является достаточно сложной задачей. Эффекты памяти значительно затрудняют количественное определение нелинейных искажений. Кроме того, они сильно усложняют достижение линейности сигналов произвольной формы, поскольку предсказания для устройств с памятью выполняются значительно труднее. Первым шагом на пути к решению проблемы эффектов памяти является возможность систематически их измерять и моделировать. Только после этого можно устранить эффекты памяти в схеме или даже выгодно ими воспользоваться. Измерение и моделирование эффектов памяти позволило бы разработчику корректировать искажения, создавать лучшие приборы и корректировать схемы, которые были бы более полезны, если бы не эффекты долговременной памяти. Например, привлекательная способность новых многообещающих технологий, таких как полевые транзисторы с управляющим гетеропереходом на основе нитрида галлия (GaN), работать на высоких частотах с большими мощностями, становится менее привлекательной, если устройство демонстрирует ярко выраженные эффекты долговременной памяти из-за захвата носителей, что отрицательно сказывается на линейности. К сожалению, до недавнего времени не существовало единого метода точного измерения и моделирования эффектов долговременной памяти для широкополосных коммуникационных сигналов.



Agilent Technologies

Решение

Для описания линейных и нелинейных характеристик компонентов можно использовать X-параметры* — новую категорию описания нелинейных цепей для детерминированного проектирования ВЧ устройств. Однако работа с долговременными эффектами памяти требует расширения этой технологии, так чтобы она учитывала эти эффекты. Такое расширение дало бы уникальные методы количественной оценки эффектов памяти, а также позволило бы создать математическую модель, которая предоставила бы возможность разработчикам проектировать схемы с нелинейными компонентами, демонстрирующими ярко выраженные эффекты памяти. Затем на этом фундаменте можно было бы создать методы компенсации (предыскажений) или ослабления эффектов памяти или даже выгодного их использования.

Сегодня X-параметры позволяют описывать некоторые эффекты памяти, в частности, квазистатические эффекты памяти, вызванные такими явлениями, как низкочастотная модуляция смещения и тепловая модуляция. В этом случае созданные или измеренные X-параметры описываются в диапазоне статических, независимых переменных значений, но используются они для проектирования в таких ситуациях, где эти значения могут медленно изменяться. Это достигается путем внедрения смоделированного порта, соответствующего статическому параметру (например смещению), в схему, которая пропускает сигналы низкой частоты, генерируемые моделью компонента в ответ на подачу модулированных входных сигналов на ВЧ порты. В результате эффекты памяти порождаются по отношению к ВЧ портам (в том числе, и как описано выше). Модель, описывающая такое поведение, будет точна, если напряжение меняется достаточно медленно.

X-параметры можно создать на основе схемы устройства в САПР ADS компании Agilent Technologies или их можно измерить с помощью ПО нелинейного векторного анализа цепей, работающего на анализаторе цепей СВЧ диапазона PNA-X. Но независимо от того, созданы X-параметры или измерены, их можно легко импортировать в САПР ADS, а затем сопоставить с компонентом или системой, чтобы начать процесс проектирования или чтобы использовать их для моделирования с использованием линейного симулятора, симуляторов «Harmonic Balance» или «Circuit Envelope».

Пример использования X-параметров для прогнозирования квазистатических эффектов памяти показан на рис. 1. В этой схеме расположенный справа выходной порт подает смещение на ИС. Это смещение поступает на порт 2 с 3-вольтовой батареи через резистор и дроссель. Дроссель выбран в качестве идеального фильтра-пробки для создания идеального смещения. Параметры компонента описываются в широком диапазоне статических смещений, и при этом создается модель X-параметров (на основе бесконечной индуктивности), действительная во всем диапазоне смещения на порту 2. Затем эта модель используется для оценки эффектов памяти, которые может демонстрировать реальная цепь смещения (с конечной индуктивностью), если на компонент подается модулированный сигнал. В этом случае на модель подается двухтонный сигнал. При подаче на устройство двух близких по частоте тональных сигналов возникают спектральные составляющие

с разностной частотой, которые проходят через цепь смещения с конечной индуктивностью. Поскольку модель учитывает влияние напряжения порта 2 на ВЧ характеристики портов 1 и 2, она эффективно моделирует поведение ВЧ сигнала.

На рис. 2 показаны различные выходные сигналы на основной частоте, которые возникают в результате модуляции смещения. И модель на основе X-параметров, и реальная имитационная модель показывают, что если разрешить воздействие на линии смещения, то получаются характеристики, сильно отличающиеся от характеристик, полученных для ровных линий (например, при отсутствии эффектов памяти). Кроме того, квазистатическая модель на основе X-параметров превосходно согласуется с детальной схемотехнической моделью, на базе которой она была создана, как в идеальном случае, так и при наличии эффектов памяти.

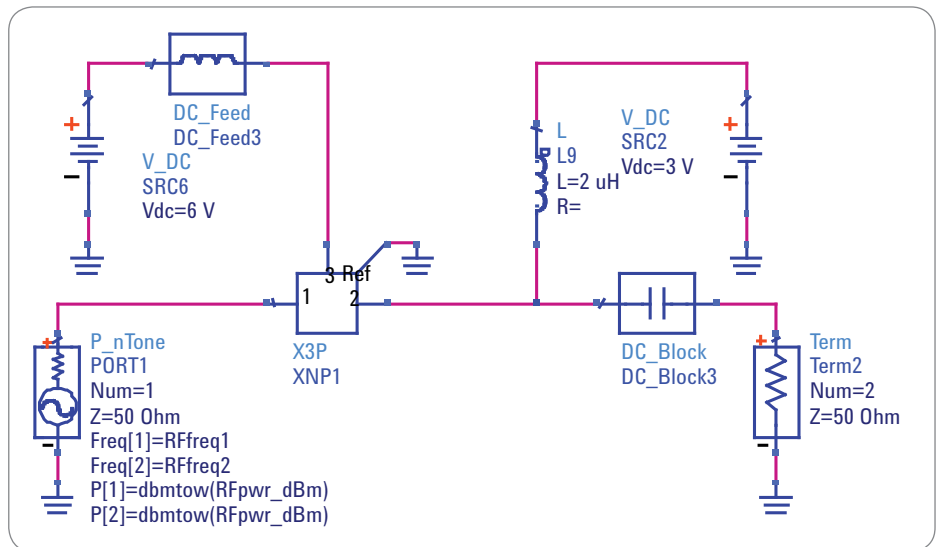


Рис. 1. Модель X-параметров, извлеченная в условиях истинного статического смещения, может использоваться для моделирования квазистатических эффектов памяти компонента по отношению к модуляции смещения.

Двухтональные X-параметры

X-параметры были расширены таким образом, чтобы их можно было использовать для описания одного из общих проявлений эффекта памяти – зависимости интермодуляционных искажений от смещения частоты. В настоящее время эта возможность поддерживается в САПР ADS. В принципе ADS позволяет извлекать из схемы двухтональные и даже многотональные X-параметры. А в ближайшем будущем разработчики смогут выполнять измерения двухтональных X-параметров с помощью нелинейного векторного анализатора цепей. Возможность не только извлекать X-параметры из детальной модели в симуляторе, но и независимо их измерять в реальном устройстве с помощью нелинейного векторного анализатора цепей имеет огромное потенциальное значение для разработчиков, которым нужно знать зависимость амплитуды и фазы искажений (определяемых значением интермодуляционных составляющих третьего порядка) от разнесения частот сигнала, их мощности и частоты.

Двухтональные X-параметры регистрируют зависимость интермодуляционных искажений от частоты и их асимметрию. Эти X-параметры можно использовать для создания имитационной модели, которую можно применять для проектирования с учетом частотно-зависимых искажений.

Рисунок 3 демонстрирует измерение двухтональных X-параметров. Здесь показан наихудший случай для серийно выпускаемого компонента с сильным эффектом памяти. Рисунок показывает отличия и точность совпадения с измеренными реальными характеристиками устройства.

Динамические X-параметры

Хотя разработчики УМ могут сегодня учитывать некоторые эффекты памяти квазистатически (например, связанные со смещением и температурой), используя для этого X-параметры, недавние исследования позволили совершить огромный шаг за пределы квазистатического применения X-параметров и перейти к полностью динамическим X-параметрам (рис. 4 и 5).

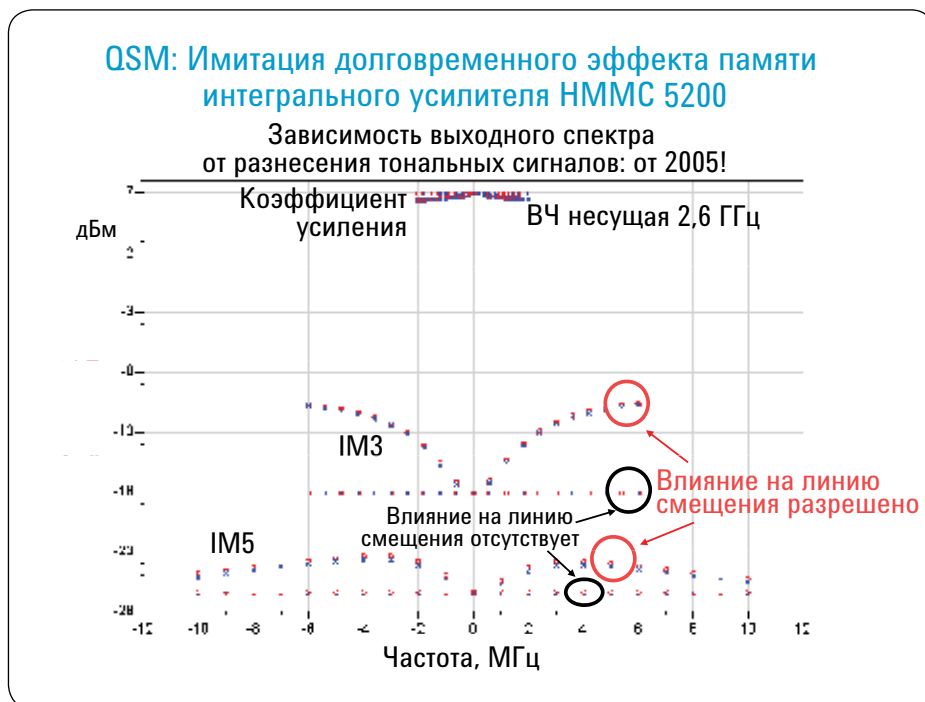


Рис. 2. Если разрешить влияние на линию смещения, зависимость от частоты смещения и абсолютное значение искажений (определяемых значением интермодуляционных составляющих третьего порядка IM3) могут сильно измениться.

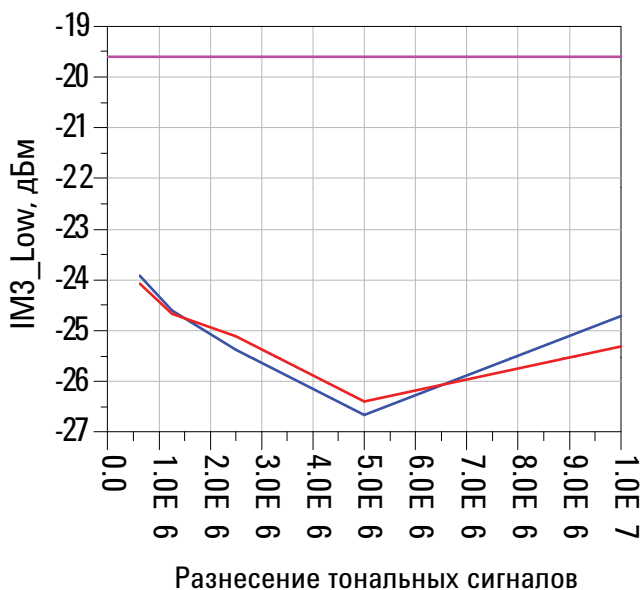


Рис. 3. Эффекты памяти, демонстрируемые двухтональными X-параметрами. Прогноз интермодуляционных искажений, выполненный в САПР ADS с помощью двухтональных X-параметров, показан красным цветом, а независимо измеренные данные показаны синим. Значение интермодуляционных составляющих третьего порядка, предсказанное с помощью однотональных X-параметров, показано фиолетовым цветом.

Заключение

Работая с новыми технологиями беспроводной связи, разработчикам УМ часто приходится учитывать нежелательное влияние ярко выраженных эффектов памяти. Поэтому весьма важно знать о существовании этих эффектов и уметь распознавать их симптомы. Это позволяет избежать влияния эффектов памяти или попытаться их устранить. Более опытные разработчики могут даже попробовать выгодно использовать эффекты памяти.

Для этого разработчикам нужны способы измерения и моделирования эффектов памяти. Сегодня X-параметры поддерживают квазистатические эффекты памяти. Двухтональные X-параметры, поддерживаемые в настоящее время в САПР ADS, скоро можно будет получать путем измерения с помощью нелинейного векторного анализатора цепей Agilent. В будущем динамические X-параметры выведут X-параметры за пределы квазистатического режима и помогут разработчикам проектировать надежные системы и компоненты, в которых эффектам памяти уделяется должное внимание.



The Power of X

СВЧ анализатор цепей Agilent серии PNA-X с программным обеспечением нелинейного векторного анализа и X-параметры являются ключевыми продуктами в семействе решений «Power of X» компании Agilent. Эти средства предоставляют инженерам возможность получить более глубокое понимание разрабатываемой конструкции, ускорить производственные процессы, решить проблемы измерения и выйти на рынок раньше конкурентов.

Предлагая наилучшее сочетание скорости и масштабируемости, созданные и поддерживаемые известными во всем мире экспертами по измерениям продукты Agilent серии X помогают инженерам внедрять инновационные высокопроизводительные разработки на развивающихся рынках всего мира.

Предлагая наилучшее сочетание скорости и масштабируемости, созданные и поддерживаемые известными во всем мире экспертами по измерениям продукты Agilent серии X помогают инженерам внедрять инновационные высокопроизводительные разработки на развивающихся рынках всего мира.

Чтобы узнать больше о продуктах серии X, посетите страницу:

www.agilent.com/find/powerofx.

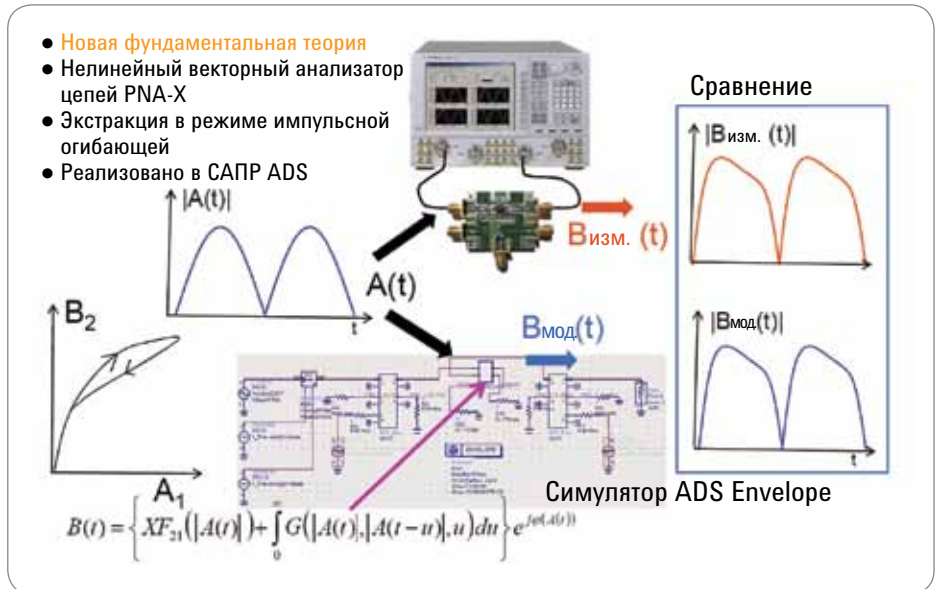


Рис. 4. Динамические X-параметры позволяют учитывать эффекты памяти за пределами квазистатического режима.

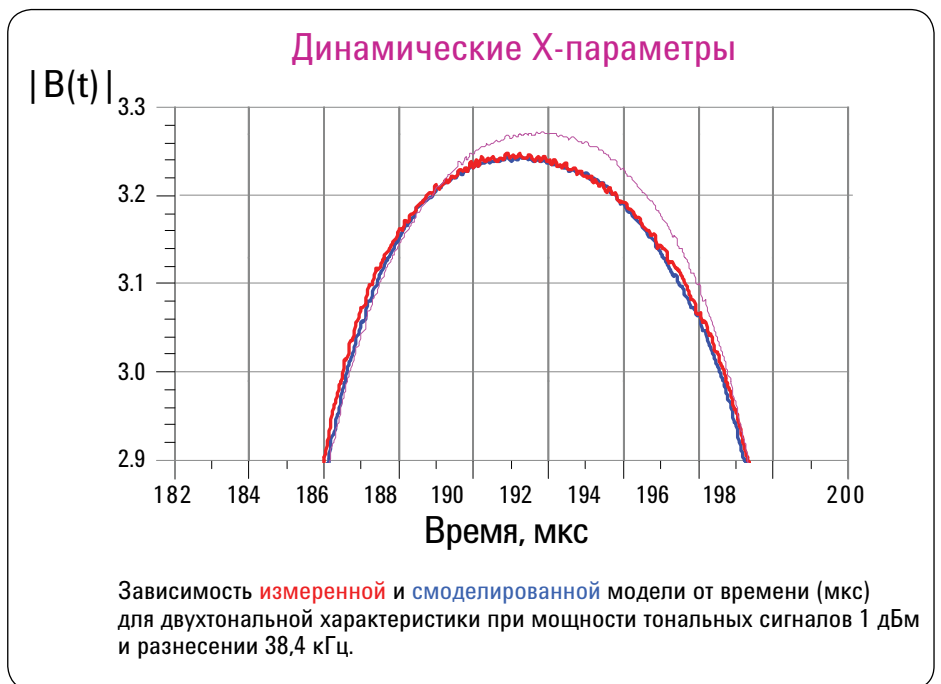


Рис. 5. Зависимость от времени измеренной (красный) и смоделированной (синий) модели на основе динамических X-параметров для двухтональной характеристики усилителя. Фиолетовая кривая получена с помощью модели однотональных статических X-параметров.

Дополнительная информация:

- Дж. Верспехт, Дж. Хорн, Л. Беттс, Д. Ганьян, Р. Поллард, К. Гиллис и Д. Е. Рут, «Расширение X-параметров для учета долговременных динамических эффектов памяти», Дайджест международного микроволнового симпозиума IEEE MTT-S, 2009. сс. 741-744, июнь 2009 г.
- Дж. Верспехт, Дж. Хорн и Д. Е. Рут, «Упрощенное расширение X-параметров для описания эффектов памяти для широкополосных модулированных сигналов», материалы конференции IEEE ARFTG, май, 2010 г.

Эти документы доступны на сайте www.agilent.com

Смежные приложения

- Проектирование ИС и проверка активных компонентов
- Проектирование и проверка УМ для мобильных телефонов
- Проектирование и проверка УМ для базовых станций
- Проектирование и проверка активных компонентов военного назначения

Смежная продукция Agilent

- Генератор X-параметров W2305
- Ядро САПР ADS W2200
- Решение для нелинейного векторного анализа цепей на базе PNA-X

Прочь сомнения

Подробную информацию об услугах ремонта и калибровки можно получить на сайте www.agilent.com/find/removealldoubt



Agilent Email Updates

Новости по электронной почте www.agilent.com/find/emailupdates
Получите последнюю информацию по выбранным вами приборам и приложениям.

Торговые партнеры компании Agilent

www.agilent.com/find/channelpartners
Получите двойную выгоду: богатый опыт и широкий выбор продуктов Agilent в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

Российское отделение Agilent Technologies

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

Тел.: +7 (495) 7973952

8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: tmo_russia@agilent.com

www.agilent.ru

Сервисный Центр Agilent Technologies в России

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

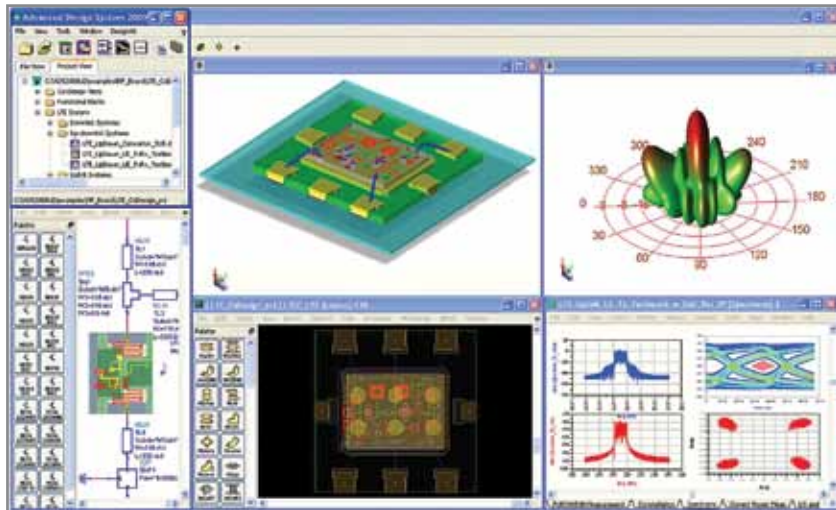
Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: russia.ssu@agilent.com

Технические характеристики и описания продуктов могут изменяться без предварительного уведомления.

© Agilent Technologies, Inc. 2010
Напечатано в России, 13 мая, 2010 г.
5990-5799RURU



Ядро САПР ADS W2200

*«X-parameters» (X-параметры) является зарегистрированным товарным знаком компании Agilent Technologies. Формат X-параметров и описывающие их уравнения открыты и документированы. Если вас интересует более подробная информация, посетите сайт <http://www.agilent.com/find/eesof-x-parameters-info>



Agilent Technologies