

Отладка на системном уровне устройств со встроенными беспроводными модулями связи

Комбинированные осциллографы серии MDO4000 — это первые в мире и единственные осциллографы со встроенным анализатором спектра. Благодаря возможности захвата коррелированных по времени аналоговых, цифровых и радиочастотных (РЧ) сигналов они позволяют получить полное представление о функционировании тестируемого устройства. Осциллографы серии MDO4000 способны отображать сигналы одновременно во временной и частотной областях, поэтому вы можете постоянно отслеживать спектр РЧ-сигнала, чтобы контролировать его изменения как во времени, так и в зависимости от состояния тестируемого устройства.

Тревор СМИТ (Trevor SMITH)

Приборы серии MDO4000 построены на базе популярных осциллографов смешанных сигналов серии MSO4000B. Теперь, чтобы исследовать сигнал в частотной области, инженеры могут использовать привычный для них инструмент — осциллограф, вместо того чтобы искать и заново осваивать анализатор спектра.

Вместе с тем функциональные возможности осциллографов серии MDO не ограничены просто отслеживанием сигналов в частотной области, что позволяют делать и обычные анализаторы спектра. Подлинное преимущество новых приборов заключается в их способности соотносить явления в частотной области с вызывающими их событиями во временной области.

Осциллограф MDO4000 может быть настроен на отображение сигналов во временной или частотной области либо в обеих областях одновременно. Если в осциллографе задействованы радиочастотный и любой из аналоговых или цифровых каналов, дисплей прибора

автоматически делится на две части. Верхняя часть служит для традиционного представления сигналов во временной области. В нижней части экрана отображается сигнал с РЧ-входа в частотной области. Отметим, что представление сигнала в частотной области является не обычным быстрым преобразованием Фурье (БПФ) сигналов с аналоговых или цифровых каналов прибора, а полноценным спектром сигнала, полученного с РЧ-входа.

Спектр, отображаемый в частотной области, соответствует периоду времени, обозначенному короткой оранжевой полосой, которая расположена во временной области и называется «временем отображения спектра» (Spectrum Time, ST). В осциллографах серии MDO4000 имеется возможность перемещения индикатора ST по захваченному сигналу, в результате чего можно исследовать изменение спектра РЧ-сигнала во времени. Использование ST допускается как на «живом», так и на сохраненном сигнале.

На рис. 1 показано представление во временной и частотной областях сигнала включения ГУН/ФАПЧ. На канал 1 (желтая осцилло-

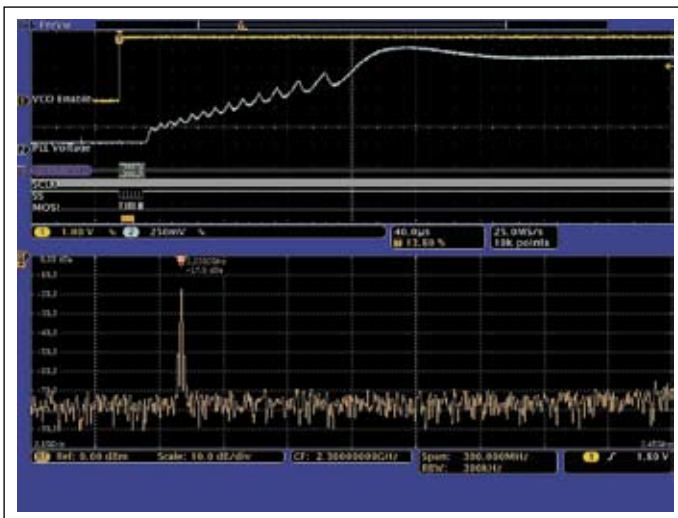


Рис. 1. Представление во временной и частотной областях сигнала включения ГУН/ФАПЧ

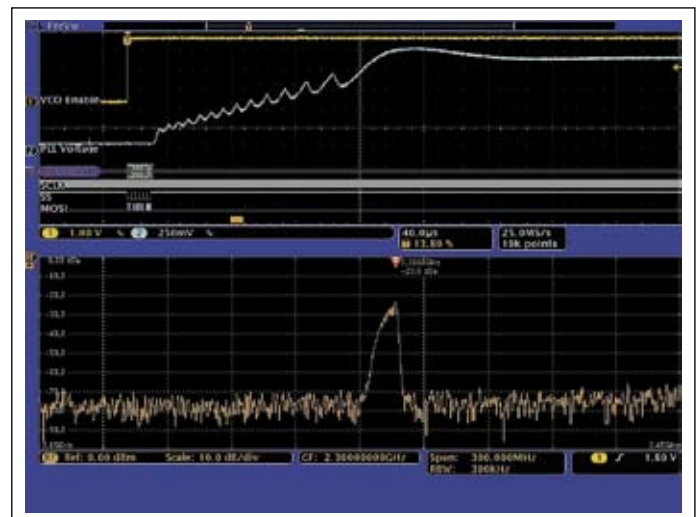


Рис. 2. Индикатор Spectrum Time перемещен примерно на 60 мкс вправо

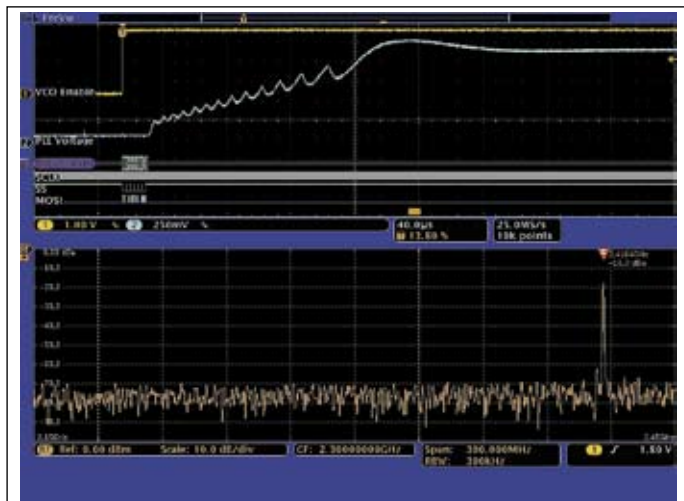


Рис. 3. Индикатор ST перемещен еще на 120 мкс вправо

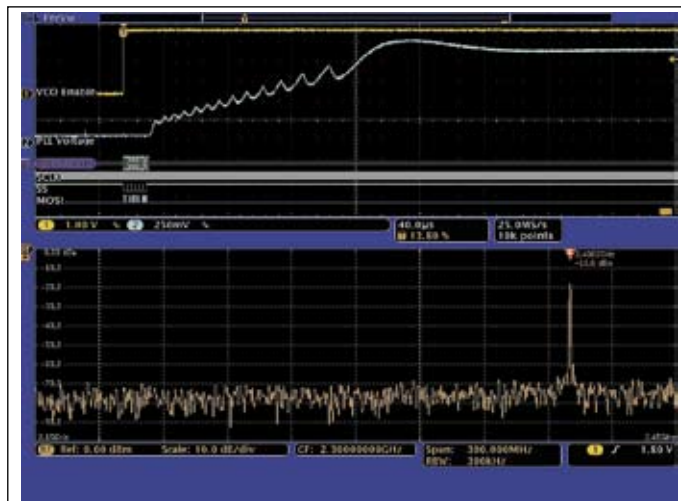


Рис. 4. Настройка на требуемое значение частоты 2,4 ГГц

грамма) подан сигнал, запускающий ГУН. Осциллограмма канала 2 (голубая) отображает сигнал напряжения ФАПЧ. Сигнал шины SPI, по которой производится программирование системы ГУН/ФАПЧ на нужную частоту, поступает на три цифровых канала и автоматически декодируется. Обратите внимание, что индикатор ST расположен после момента запуска ГУН и совпадает по времени с командами шины SPI, задающими нужную частоту ГУН/ФАПЧ.

На рис. 2 видно, что индикатор Spectrum Time перемещен примерно на 60 мкс вправо. В этой точке спектр сигнала показывает, что система ГУН/ФАПЧ находится в процессе настройки на заданную частоту (2,4 ГГц). В данный момент частота равна 2,3168 ГГц.

На рис. 3 видно, что индикатор ST перемещен еще на 120 мкс вправо. В этой точке спектр сигнала показывает, что система ГУН/ФАПЧ фактически «проскочила» заданное значение частоты до величины 2,4164 ГГц.

На рис. 4 видно, что в конечном итоге примерно через 340 мкс после запуска ГУН система ГУН/ФАПЧ настраивается на требуемое значение частоты 2,4 ГГц.

На рис. 1–4 показано выполнение простой повседневной прикладной задачи — настройка и регулировка системы ГУН/ФАПЧ (генератор, управляемый напряжением/система с фазовой автоматической подстройкой частоты). Эта задача иллюстрирует возможности осциллографов серии MDO4000 по отображению взаимосвязанных событий во временной и частотной областях. Благодаря широкой полосе захвата и возможности перемещения индикатора ST по сигналу, комбинированный осциллограф за один захват способен собрать столько же данных, сколько их содержится примерно в 1500 настроек и сигналов, захватываемых обычным анализатором спектра. С помощью новых приборов впервые обеспечивается чрезвычайно простое сопоставление событий в частотной и временной областях, наблюдение их взаимодействия или измерение временных задержек между ними, что позволяет быстро разобраться в нюансах функционирования разрабатываемого устройства.

Способность осциллографов серии MDO4000 отображать коррелированные события в частотной и временной областях, аналоговые и цифровые сигналы, а также сигналы параллельных и последовательных шин в сочетании с чрезвычайно широкой полосой захвата (более 1 ГГц) позволяет получить четкое представление о поведении тестируемого устройства. Вот лишь несколько примеров.

На рис. 5 представлен дисплей в режиме отображения спектра, на котором показана серия несущих, сгруппированных вокруг частоты 2,4 ГГц. Автоматические маркеры используются для отслеживания каждой из несущих. В обычных анализаторах спектра включение и размещение большого количества маркеров для обозначения всех представляющих интерес пиков может стать трудоемкой и утоми-

тельной задачей. Осциллографы серии MDO4000 делают этот процесс намного более эффективным благодаря возможности автоматической расстановки на пики маркеров, которые сопровождаются значениями частоты и амплитуды для каждого пика. Критерии, используемые для определения, что является пиком, пользователь может настраивать сам.

Маркер, обозначающий самый высокий пик, называется опорным и выделяется красным цветом. Отображаемые возле маркера значения параметров пика могут выводиться в виде абсолютных (режим Absolute) или относительных (режим Delta) значений. При выборе режима Delta показания маркера отображают значения частоты и амплитуды пика относительно параметров опорного маркера.

На рис. 6 представлен дисплей в режиме отображения спектра, в верхней части которого дополнительно показана спектрограмма. Осциллографы серии MDO4000 позволяют отображать спектры в виде спектрограммы, которая является идеальным средством для отслеживания медленно изменяющихся событий в РЧ-сигналах. По оси X откладываются значения частоты, как на обычном графике представления спектра, по оси Y — время, а цветом обозначается амплитуда.

Слои спектрограммы формируются следующим образом. Берется один захваченный спектр и «ставится на ребро», образуя ряд высотой в один пиксель. Каждому пикселю ряда присваивается значение цвета, которое зависит от величины амплитуды каждой частотной составляющей спектра. Холодные цвета (синий, зеленый) соответ-

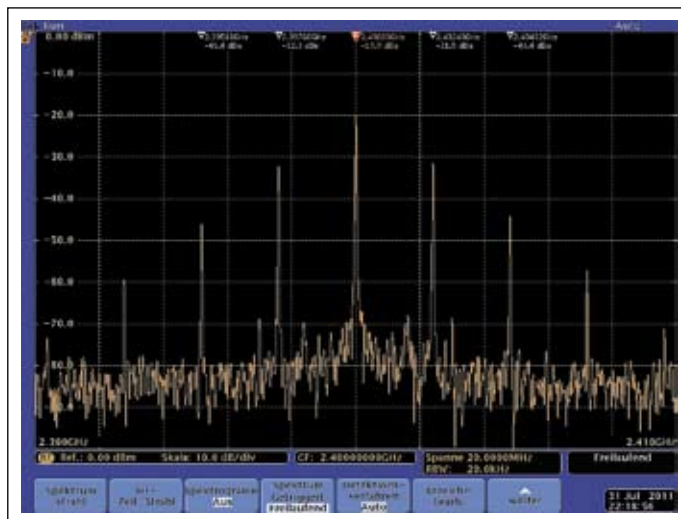


Рис. 5. Автоматические маркеры отслеживают каждую из несущих

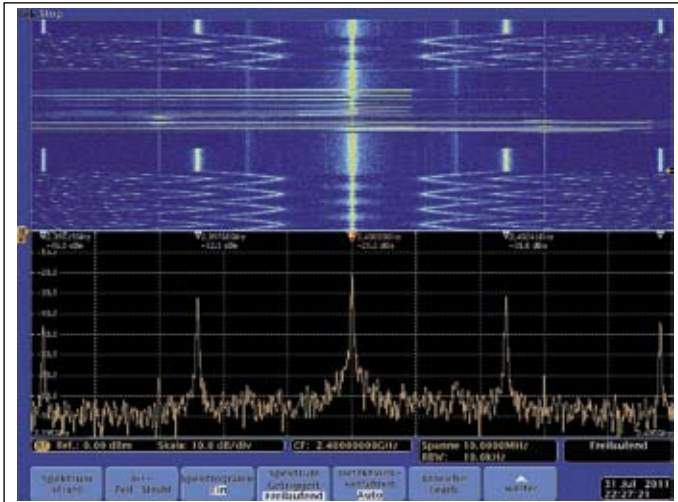


Рис. 6. Дисплей прибора в режиме отображения спектра и спектрограммы

ствуют малым значениям амплитуды, а теплые (желтый, красный) — более высоким. Каждый следующий захват добавляет новый слой в нижней части спектрограммы, при этом предшествующие слои сдвигаются на один ряд вверх. Когда сбор данных прекращается, пользователь может прокрутить обратно всю спектрограмму и посмотреть любой отдельный спектр.

Визуализация изменений в РЧ-сигнале

Окно временной области дисплея осциллографа серии MDO4000 обеспечивает отображение трех типов осциллограмм, которые получаются из основных I и Q параметров сигнала, подаваемого на РЧ-вход:

- амплитуда — график зависимости мгновенных значений амплитуды подаваемого на РЧ-вход сигнала от времени;
- частота — график зависимости от времени мгновенных значений частоты РЧ-сигнала относительно центральной частоты;
- фаза — график зависимости от времени мгновенных значений фазы РЧ-сигнала относительно центральной частоты.

Каждая из трех осциллограмм может быть включена или выключена независимо от других, кроме того, все три осциллограммы могут отображаться на дисплее одновременно. Представление осциллограмм РЧ-сигнала во временной области помогает лучше понять поведение изменяющегося во времени радиочастотного сигнала.

На рис. 7 оранжевая осциллограмма, отображаемая во временной области, представляет собой график зависимости частоты от времени для сигнала, подаваемого на РЧ-вход. С помощью графика зависимости частоты от времени можно легко отслеживать различные скачки частоты, что упрощает описание поведения устройства при переключении между частотами.

На рис. 8 видно, что индикатор ST расположен в области перехода с низкой частоты на более высокую, таким образом, энергия распределена между несколькими частотами.

На рис. 9 показан фрагмент работы устройства с амплитудной манипуляцией (АМн). Канал 1 подключен к входу АМн, в то время как

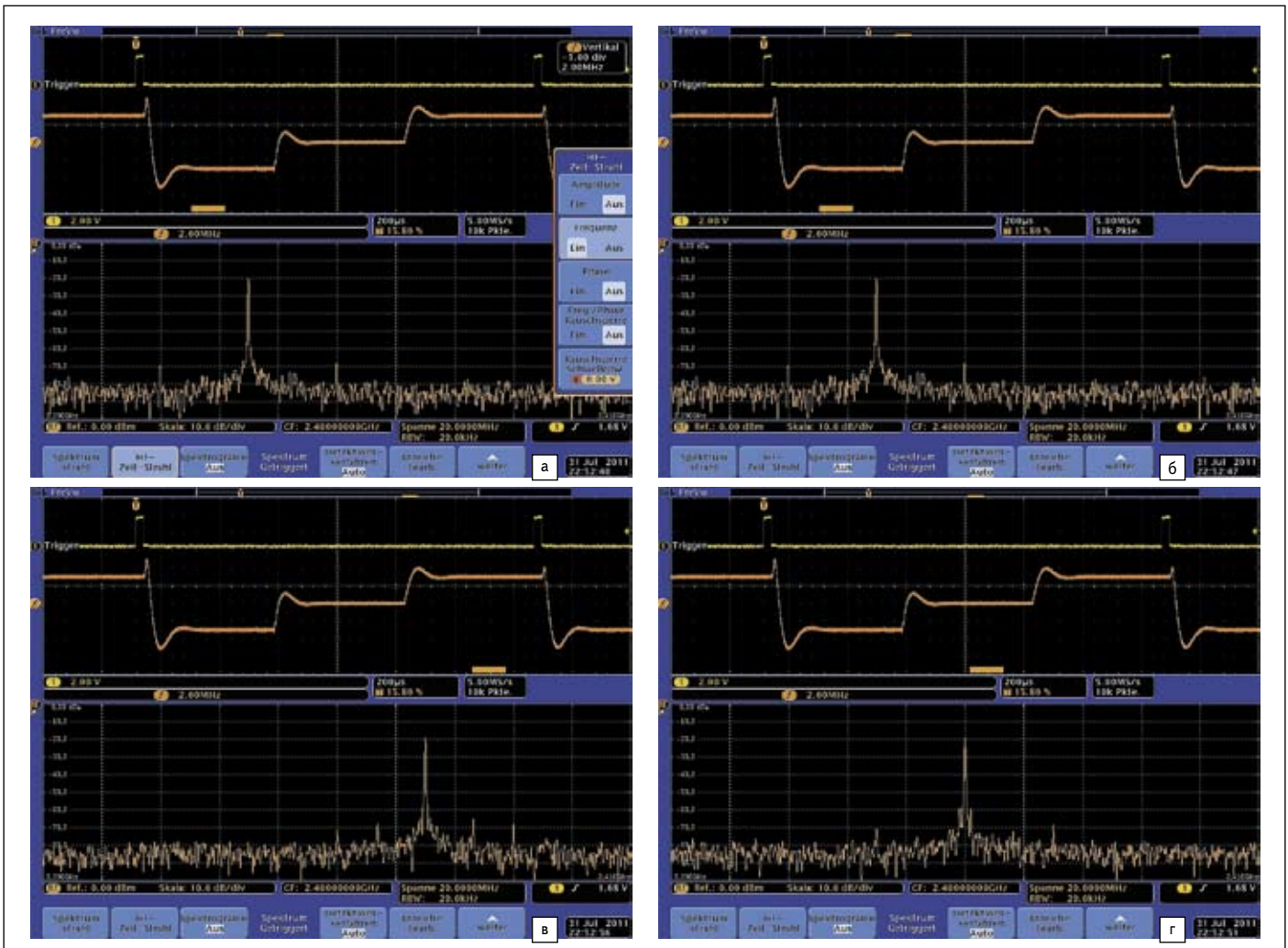


Рис. 7. Осциллограмма, отображаемая во временной области

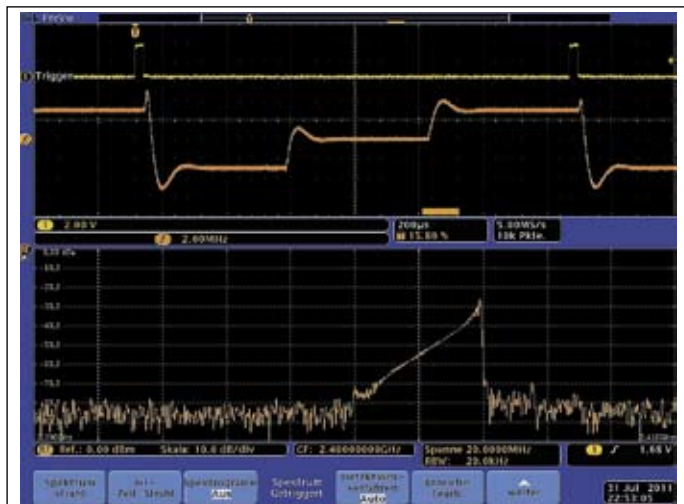


Рис. 8. Индикатор ST расположен в области перехода с низкой частоты на более высокую

РЧ-канал используется для контроля состояния сигнала на выходе устройства. Индикатор ST служит для отслеживания уровня выходного радиочастотного сигнала в любой точке захваченной осциллограммы, при этом в окне временной области можно наблюдать уровень выходного сигнала по всей продолжительности окна захвата.

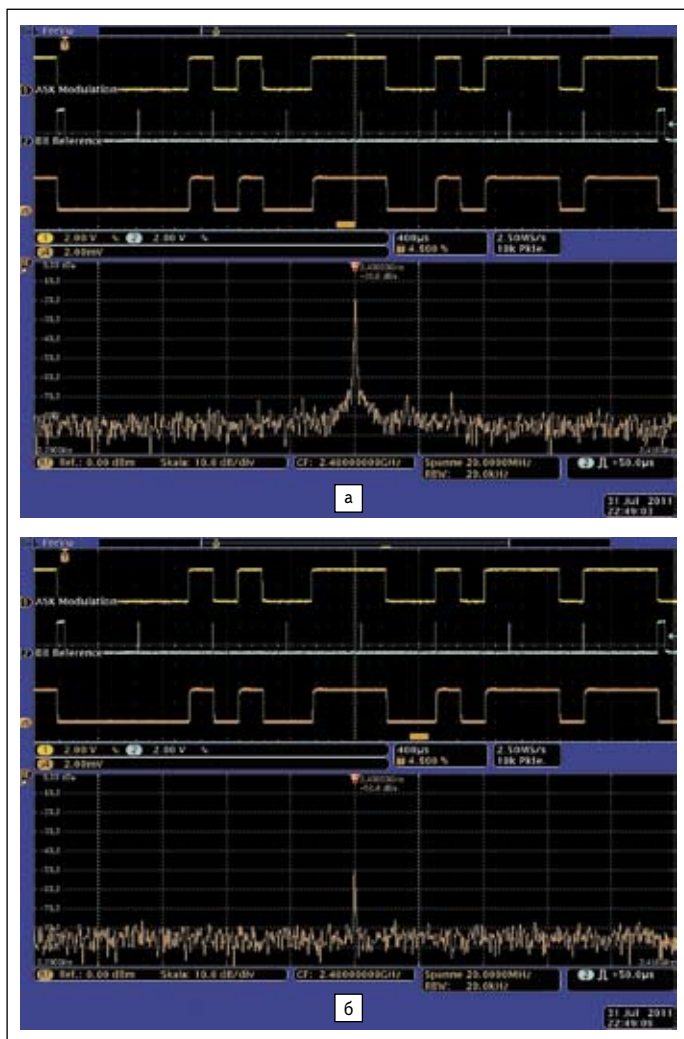


Рис. 9. Фрагмент работы устройства с амплитудной манипуляцией

Сверхширокая полоса захвата

Современные средства беспроводной связи меняются очень быстро. В них используются сложные схемы цифровой модуляции, а зачастую и технологии, которые включают в себя пакетную передачу данных. Эти виды модуляции имеют очень широкий диапазон частот. Традиционные сканирующие или дискретные анализаторы спектра могут видеть лишь узкую часть спектра в каждый момент времени. Ширина спектра, захватываемого за один цикл сбора данных, называется полосой захвата. Традиционные анализаторы спектра сканируют полосу захвата в пределах установленного диапазона для построения нужного изображения. В результате, пока анализатор захватывает и обрабатывает один участок спектра, представляющее интерес событие может произойти в другой части спектра. Большая часть анализаторов спектра, доступных сегодня на рынке, имеют полосу захвата 10 МГц, иногда с помощью дорогостоящих опций она может быть расширена до 20 или 40 МГц, а в некоторых случаях — даже до 140 МГц.

Чтобы соответствовать требованиям современных РЧ-приложений по ширине полосы частот, осциллографы серии MDO4000 обеспечивают полосу захвата более 1 ГГц. При установке значения полосы обзора 1 ГГц и менее не требуется сканирование всего диапазона. Спектр генерируется из данных, полученных за один захват, таким образом, обеспечивается гарантия того, что вы увидите все события, которые искали в частотной области.

На рис. 10 показан полученный за один захват спектр сигнала двухдиапазонного коммуникационного устройства. На спектре отображен момент переключения с частоты 900 МГц на частоту 2,56 ГГц.

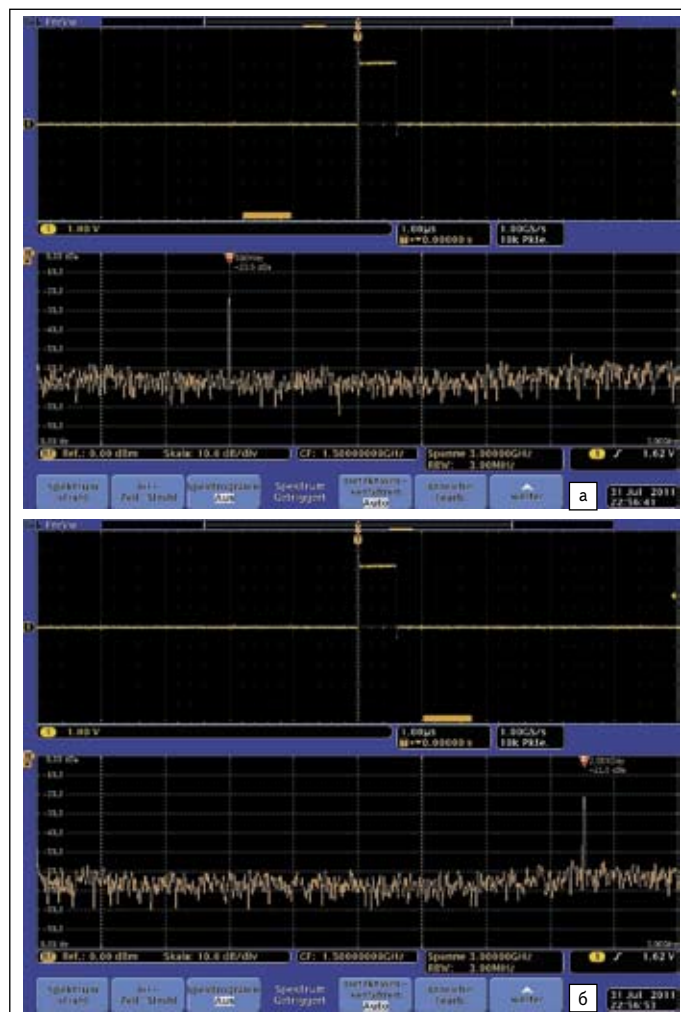


Рис. 10. Сигнала двухдиапазонного коммуникационного устройства, полученный за один захват

Выводы

Благодаря наличию четырех аналоговых, шестнадцати цифровых и одного радиочастотного канала, комбинированные осциллографы серии MDO4000 способны захватывать коррелированные по времени аналоговые, цифровые и РЧ-сигналы. В результате функциональные возможности этих приборов намного превосходят возможности обычных анализаторов спектра. Верхняя граница частотного диапазона для РЧ-входа достигает 6 ГГц, а ширина полосы захвата для

всех значений центральной частоты превышает 1 ГГц, что в 100 раз больше, чем у обычных анализаторов спектра. Пользователи могут одновременно наблюдать до четырех декодированных сигналов последовательных и/или параллельных шин на одном дисплее. Благодаря корреляции по времени между временной и частотной областями инженеры теперь могут производить точные измерения временных интервалов, что позволяет определять время задержки и ожидания между событиями прохождения команд и сигналов управления в разрабатываемом устройстве, а также между изменениями в РЧ-спектре. ■