

Применение осциллографа для исследования импульсов ЛЧМ

Брэд Фрайден, Keysight Technologies, Inc.

В статье описано применение сегментированной памяти осциллографа и программного обеспечения анализа импульсов для измерения амплитуды, частоты и фазы импульсов РЛС и систем РЭБ.

Импульсные измерения в ВЧ-, СВЧ- и КВЧ-диапазонах сопряжены с определёнными трудностями, связанными с необходимостью широкой полосы анализа, а также из-за стремления оценить значительный период активности системы. В данной статье представлено применение с этой целью

сегментированной памяти осциллографа и программного обеспечения анализа импульсов – подробно описывается методика для измерения таких параметров РЛС и систем РЭБ, как амплитуда, частота и фаза импульсов, приводятся способы оптимизации точности.

Если для достижения равномерной амплитудной и фазовой характеристик используются методы прямой оцифровки, что справедливо для некоторых высокочастотных осциллографов, то связанная с этими методами высокоскоростная дискретизация приводит к очень быстрому расходу памяти захвата. В связи с этим возникает потребность в сегментированной памяти, когда полезные сигналы размещаются в сегментах памяти, и приёмник игнорирует интервалы времени, где полезные сигналы отсутствуют, как показано на рисунке 1.

Роль сегментированной памяти осциллографа в достижении больших интервалов захвата импульсных ВЧ-сигналов

Рассмотрим импульсный ВЧ-сигнал с несущей частотой 15 ГГц и полосой модуляции 2 ГГц.

Для захвата модулированного импульсного сигнала частотой 15 ГГц осциллограф должен использовать достаточно высокую частоту дискретизации, в данном случае не менее $\sim 2,5 \times 16$ ГГц или 40 Гвыб/с. Чтобы иметь некоторый запас за пределами полосы модуляции 2 ГГц и избежать наложения спектров, следующей более высо-

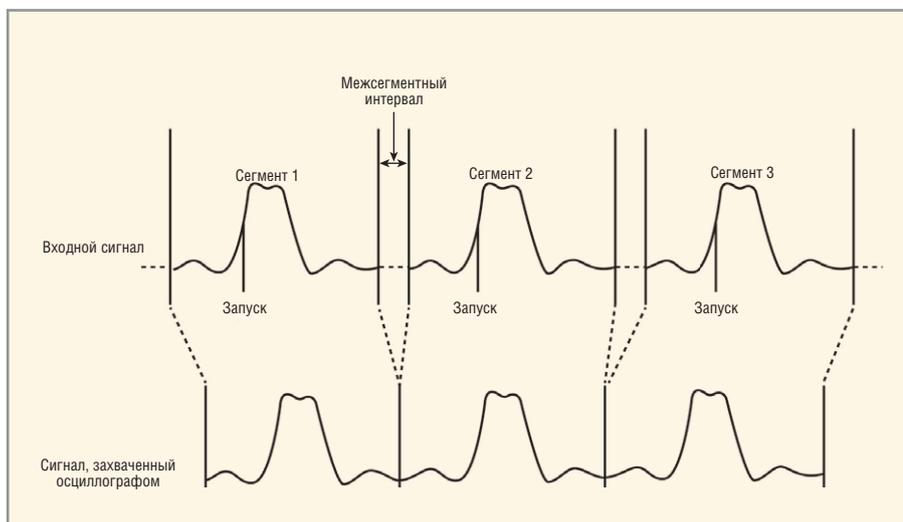


Рис. 1. Метод сегментированной памяти (полезные сигналы сохраняются в сегментах памяти)

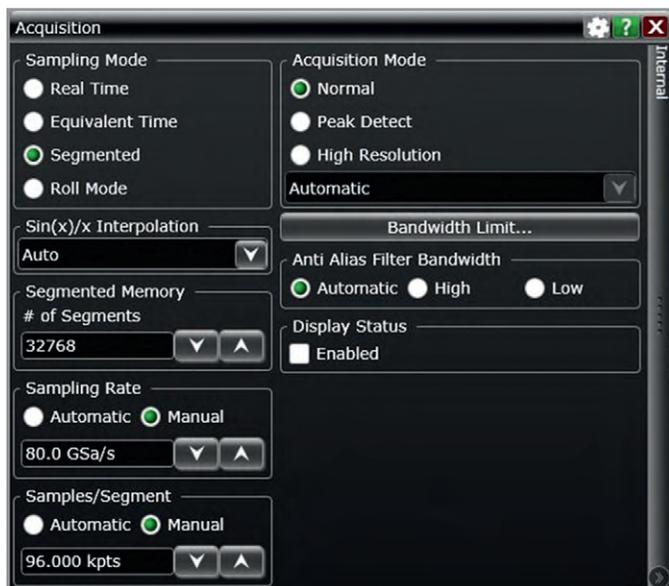


Рис. 2. Настройка сегментированной памяти (сегменты длительностью 1,2 мкс для захвата импульсов длительностью 1 мкс)



Рис. 3. Сегментированная память осциллографа с полосой пропускания 33 ГГц (содержит 32 000 импульсов в 32 000 сегментах по 1,2 мкс на сегмент)

кой частотой дискретизации будет полная частота дискретизации осциллографа 80 Гвыб/с, обеспечивающая захват полосы 33 ГГц.

Если использовать стандартный метод захвата, когда в память заносятся все выборки, независимо от характера сигнала, то при полной частоте дискретизации 80 Гвыб/с, соответствующей полосе осциллографа 33 ГГц, и при использовании всей имеющейся памяти 2 Гвыб, получится максимальный интервал захвата 25 мс:

$$(2 \text{ Гвыб}) / (80 \text{ Гвыб/с}) = 25 \text{ мс.}$$

Теперь рассмотрим последовательность импульсов длительностью 1 мкс с периодом следования 100 мкс (частота повторения импульсов 10 кГц). Если захватить такую последовательность с помощью описанного выше осциллографа, то получится примерно 250 импульсов, что вытекает из следующего уравнения:

$$(25 \text{ мс}) / (100 \text{ мкс} / \text{импульс}) = 250 \text{ импульсов.}$$

Однако, используя сегментированную память осциллографа, можно значительно увеличить число захваченных импульсов. В режиме сегментированной памяти можно создать сегменты чуть большие по размеру, чем самый длинный захваченный импульс. Например, для захвата импульсов длительностью 1 мкс можно использовать сегменты размером 1,2 мкс.

Сегментированную память можно настроить так, чтобы получить сегменты длительностью 1,2 мкс, объём памяти 96 тыс. выборок на сегмент и число сегментов 32 768 (см. рис. 2).

Расчёт необходимого объёма сегментированной памяти очень прост, если знать, что частота дискретизации равна 80 Гвыб/с, а длина сегмента – 1,2 мкс:

$$(80 \text{ Гвыб/с}) \times (1,2 \text{ мкс}) = 96\,000 \text{ выборок.}$$

Теперь, нажав на кнопку захвата «Single» (однократно), можно захватить 32 000 импульсов в 32 000 сегментах, что будет соответствовать 3,3 с активности сигнала.

На рисунке 3 показан сегментированный захват импульсного ВЧ-сигнала с несущей частотой 15 ГГц и шириной линейной частотной модуляции (ЛЧМ) 2 ГГц. Обратите внимание, что здесь имеется кнопка «Play» (воспроизведение), которая позволяет воспроизвести 32 000 сегментов. Причём для 32 000 захваченных импульсов рассчитаны статистические показатели.



Рис. 4. Расчёты ПО анализа импульсов (расчёты основаны на измерениях, выполненных с использованием сегментированной памяти осциллографа)

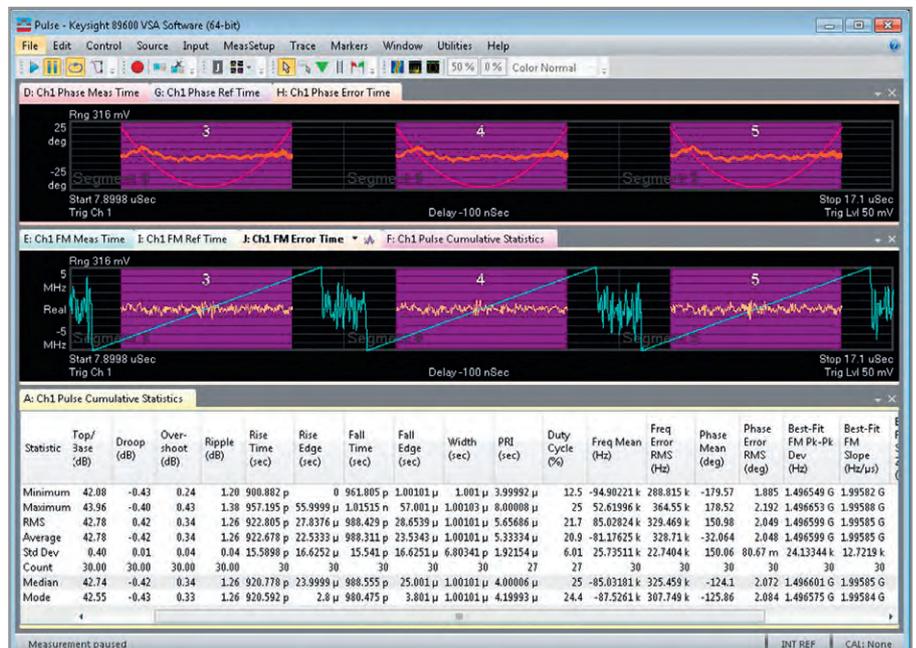


Рис. 5. Статистический анализ по 1000 сегментам памяти

Сегментированная память осциллографа в сочетании с ПО анализа импульсов оптимизирует измерения импульсов РЛС

Сегментированная память может работать под управлением программного обеспечения векторного анализа сигналов, в результате чего статистический анализ импульсов выполняется по большому числу ВЧ-импульсов, захваченных в сегментированную память. Такой анализ можно выполнить на полученных в результате цифрового понижающего преобразования частоты выборках осциллографа, где формат преобразуется в модулирующий

I/Q-сигнал. Измерения настраиваются на центральную частоту и выбирается полоса анализа чуть шире спектра сигнала. Это обеспечивает выигрыш за счёт обработки и позволяет снизить шум измерения.

После подавления шума над данными I/Q можно выполнить множество измерений, включая изменение амплитуды, частоты и фазы вдоль ВЧ-импульса. Пример таких измерений показан на рисунке 4, где анализируются импульсы, содержащиеся в сегментах памяти 3, 4 и 5.

В этом примере измеряется линейный сдвиг частоты ЛЧМ вдоль ВЧ-импульса, а затем сравнивается с идеальным

линейным нарастанием частоты (центральная правая панель). После этого рассчитывается и отображается разность между измеренным импульсом и идеальным линейным нарастанием (горизонтальная линия с шумом). Видно, что измеренное и идеальное нарастание немного отличаются друг от друга. Кривая ошибки отображается в масштабе 1 МГц/дел с девиацией пика примерно 500 кГц, а среднеквадратичная погрешность по частоте в нижней правой таблице демонстрирует погрешность частоты порядка 300 кГц.

Аналогичным способом сдвиг фазы вдоль импульса сравнивается с идеальным параболическим сдвигом фазы (верхняя правая панель), характеризующим линейную частотную модуляцию импульсов РЛС. Разность между измерением и эталоном можно растянуть, и увидеть, насколько исследуемая система отклоняется от идеала. Из нижней правой таблицы на рисунке 4 вид-

но, что девиация пика составляет примерно от +8 до -5 градусов, а среднеквадратичная погрешность фазы равна 2 градусам.

Спектральный состав ВЧ-импульса показан в левой центральной панели, огибающая ВЧ-импульса – в верхней левой панели, а разность между измеренной амплитудой огибающей и идеальной прямой линией показана в нижней левой панели.

И, наконец, параметры импульсов, захваченных в сегментированную память, можно подвергнуть статистическому анализу. На рисунке 5 показаны результаты статистического анализа, выполненного по 1000 сегментам захваченных данных.

При непосредственном захвате широкополосных импульсных ВЧ-сигналов высокая требуемая частота дискретизации затрудняет захват большого числа импульсов из-за быстрого расхода доступной памяти

захвата. Одним из способов решения этой проблемы является режим сегментированной памяти, где импульсы сохраняются в сегментах памяти, а на время промежутков между импульсами захват отключается.

ПО анализа импульсов может управлять сегментированным захватом и в цифровом виде преобразовывать захваченные ВЧ-сигналы в модулирующие I/Q-сигналы. Это позволяет настроить измерение на нужную частоту несущей и выбрать полосу обзора чуть шире полосы исследуемого сигнала, уменьшив тем самым шум и увеличив точность измерения.

Время проверки системы уменьшается за счёт возможности сравнения реальных измеренных характеристик импульсов с идеальными сигналами амплитуды, фазы и частоты, что позволяет выявлять проблемы, связанные с созданием сигналов или с характеристиками системы. ©

Новости мира News of the World Новости мира

«Эльбрус» защитит российскую энергетику от хакерских атак

Совместную разработку защищённой микропроцессорной системы релейной защиты и автоматики (РЗА) для российских электроподстанций ведут компания «НИПОМ» и объединённый холдинг «Росэлектроника» (входит в «Ростех»). Основой системы стали отечественные вычислительные комплексы на базе микропроцессора «Эльбрус».

Система предназначена для установки на реконструируемых и новых подстанциях, обладает высоким уровнем отказоустойчивости, гарантирует отсутствие «закладок» и защиту от несанкционированного вмешательства в работу энергообъектов. В составе «Росэлектроники» проект ведёт Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) им. И.С. Брука – разработчик линейки микропроцессоров «Эльбрус» и средств вычислительной техники на их базе.

Созданная РЗА интегрируется в автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) электроподстанций единой национальной электрической сети (ЕНЭС). Она позволяет выполнять задачи защиты и автоматики в соответствии со стандартом МЭК 61850, снабжена функцией самодиагностики и может работать без вмешательства

человека на протяжении всего срока эксплуатации.

Система микропроцессорной релейной защиты и автоматики была представлена на стенде компании «НИПОМ» в ходе Международной выставки-конференции «Релейная защита и автоматика энергосистем-2017», которая прошла 25 апреля в Санкт-Петербурге.

www.ruselectronics.ru

Бизнесмены ищут тендеры в Интернете

Поисковые запросы бизнесменов стали объектом необычного исследования, которое провели специалисты Ассоциации участников закупок (АУЗ). Интерес к тематике неслучаен: согласно статистике, общая сумма контрактов, предложенных государственными и частными компаниями посредством электронных торговых площадок, уже достигает в нашей стране 32 трлн руб. Из них 6,4 трлн приходится на предложения государственных компаний и ещё 25,7 трлн – на долю частных заказчиков.

Эксперты АУЗ оценили частоту запросов поисковых слов и словосочетаний: электронные закупки, коммерческие закупки, госзакупки, тендеры и др. Согласно полученным данным, слово «тендер» оказалось одним из самых популярных среди людей, которые ищут заказчиков во всемирной сети. Количество запросов по нему в марте 2017 г. соста-

вило почти 690 тыс. На втором месте оказались «госзакупки» с 430 тыс. запросов в месяц. С большим отрывом от лидеров, на 3 и 4 местах соответственно, расположились «электронные закупки» и «коммерческие закупки». Как ни парадоксально, эти два последних термина относятся к профессиональным, но именно они оказались менее популярными у бизнесменов.

Однако наиболее важным результатом исследования, по мнению Ассоциации участников закупок, стала статистика по количеству запросов этих слов: всего за год частота запросов увеличилась на 28–163%. А общее суммарное количество запросов по словам, связанным с тендерами, выросло за первые три месяца 2017 г. на 878%!

По заявлению руководителя аналитического центра АУЗ Владимира Ястребова, такая тенденция прогнозировалась ассоциацией ещё три года назад. Специалисты предупреждали участников рынка о возрастающем интересе малого и среднего бизнеса к системе электронной торговли, что неизбежно приведёт к возрастанию конкуренции. При этом аналитик акцентирует внимание, что увеличение конкуренции может сказаться на итоговых суммах контрактов и призывает предпринимателей активизировать своё участие в электронных закупках: более доступных пока с точки зрения количества участников и привлекательных сумм контрактов.

www.iemag.ru



XIII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ — ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

**17-19 мая 2017 г., Москва, ВДНХ,
павильон 75, «Россия»**

ПРОГРАММА ФОРУМА



METROEXPO-2017

Метрология и Измерения
13-я выставка средств измерений, испытательного оборудования и метрологического обеспечения.



CONTROL&DIAGNOSTIC-2017

Контроль и Диагностика
6-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы.



RESMETERING-2017

Учёт энергоресурсов
6-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов.



LABTEST-2017

Лабораторное оборудование
5-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения.



PROMAUTOMATIC-2017

Автоматизация
5-я выставка оборудования и программного обеспечения для производственных процессов.



WEIGHT SALON 2017

Весовой салон
Выставка весового оборудования.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ



ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Консолидация усилий власти, науки и бизнеса в развитии отечественного приборостроения для обеспечения нужд промышленности и оборонного комплекса страны, а также повышение эффективности российской системы измерений, совершенствование нормативной базы метрологии с учетом международных тенденций в целях поддержки инноваций и их продвижения.

Организаторы



РОССТАНДАРТ

Поддержка



Международные партнеры



Ключевые партнеры выставки



Стратегический партнер



Генеральный спонсор



Устроитель и выставочный оператор



Реклама

ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

129344, Москва, ул. Искры 31, корп. 1, Технопарк ВДНХ
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

www.metrol.expoprom.ru
E-mail: metrol@expoprom.ru