

# Технология генерации сигналов Agilent Trueform

Алексей Бегишев (Москва)

Технология Trueform компании Agilent объединяет возможности прямого цифрового синтеза и поточечного формирования, обладая преимуществами обеих технологий при отсутствии их ограничений.

## ВВЕДЕНИЕ

Технология генерации сигналов Trueform применяется в новых генераторах сигналов серии Agilent 33500B. Она даёт ощутимые преимущества по сравнению с прямым цифровым синтезом (DDS) – традиционной технологией, используемой в генераторах сигналов стандартной и произвольной формы, в том числе, обеспечивает значительно меньшую фазовую нестабильность сигнала (джиттер) и точное представление выбранного сигнала. В предлагаемой статье мы познакомим вас с технологией Trueform и сравним её с технологией DDS.

## ТЕХНОЛОГИИ ГЕНЕРАЦИИ СИГНАЛА

Простейший способ генерации сигнала заключается в его сохранении в виде отдельных точек в памяти, а затем в поочерёдном считывании этих точек и передачи их по каждому тактовому импульсу в ЦАП. После считывания последней точки генератор возвращается к первой, и начинается следующий цикл. Иногда такой способ генерации называют «точкой на такт» (PPC).

Хотя такой метод создания сигналов кажется очевидным, он обладает двумя существенными недостатками. Во-первых, для изменения частоты сигнала (или частоты дискретизации) приходится изменять тактовую частоту, а хороший малошумящий источник перестраиваемой тактовой частоты усложняет конструкцию прибора и повышает его стоимость. Во-вторых, поскольку во многих приложениях ступенчатый сигнал на выходе ЦАП нежелателен, приходится использовать аналоговую фильтрацию для сглаживания этих ступенек. В связи со сложностью и высокой стоимостью эта технология используется в

основном в генераторах высшего класса.

Технология DDS использует фиксированную тактовую частоту и упрощённую схему фильтрации, поэтому обходится дешевле PPC. В системе DDS фазовый аккумулятор добавляет приращения на выход с каждым периодом тактовой частоты, при этом выход аккумулятора представляет фазу сигнала. Выходная частота пропорциональна приращению, что позволяет легко изменять частоту сигнала даже при фиксированной тактовой частоте. Выходные значения аккумулятора преобразуются из фазы в амплитуду, как правило, с помощью таблицы пересчёта.

Применение фазового аккумулятора позволяет применять в DDS фиксированную тактовую частоту, но при этом сигнал по-прежнему воспроизводится с эффективной частотой дискретизации, превышающей тактовую частоту. Поэтому в методе DDS не каждая точка отражается в результирующем выходном сигнале. Другими словами, DDS использует не каждую точку памяти сигнала, но выполняет достаточно хорошую аппроксимацию, поэтому сигнал до некоторой степени искажается. Кроме того, DDS может непредсказуемым образом пропускать и/или повторять некоторые фрагменты сигнала. В лучшем случае это приводит к увеличению джиттера, в худшем – к значительным искажениям. Тонкие особенности сигнала могут полностью или частично игнорироваться.

Новая технология Trueform, разработанная компанией Agilent, вобрала в себя лучшее из двух предшествующих технологий. Она позволяет создавать сигналы произвольной формы с низким уровнем шума без пропуска точек, подобно технологии PPC, но по цене DDS. Trueform использует патентованный генератор виртуально

регулируемой тактовой частоты с улучшенной фильтрацией, адаптирующейся к частоте дискретизации сигнала. Ниже мы рассмотрим некоторые преимущества, которыми обладает технология Trueform по сравнению с DDS.

## УЛУЧШЕННАЯ ЦЕЛОСТНОСТЬ СИГНАЛА

Одним из ключевых преимуществ технологии Trueform по сравнению с DDS является лучшая целостность сигнала. В частотной области это преимущество можно увидеть, сравнив спектры, а во временной области – сравнив фазовую нестабильность. На рисунке 1 показано представление в частотной области синусоидального сигнала частотой 10 МГц, созданного с помощью технологии Trueform. На рисунке 2 показано представление в частотной области того же синусоидального сигнала 10 МГц, но созданного с помощью технологии DDS.

В идеальном случае синусоидальный сигнал должен содержать только основную частоту без гармоник. На рисунках 1 и 2 хорошо видно, что уровень второй гармоники по отношению к основной частоте сигнала, созданного с помощью Trueform, примерно на 5 дБ меньше уровня второй гармоники сигнала DDS. Кроме того, в спектре DDS явно просматриваются четвёртая и пятая гармоники (выделены красными кружками) и даже негармоническая составляющая между четвёртой и пятой гармониками.

Если сравнить эти два сигнала с точки зрения джиттера, то преимущество Trueform более очевидно. На следующих рисунках показано изменение джиттера, выполненное на импульсном сигнале частотой 10 МГц. Осциллограмма растянута так, чтобы был виден передний фронт импульса, при этом включен режим послесвечения. Для измерения периодического джиттера использовалась функция гистограммы. Результаты измерения стандартного отклонения на каждом рисунке обведены крас-

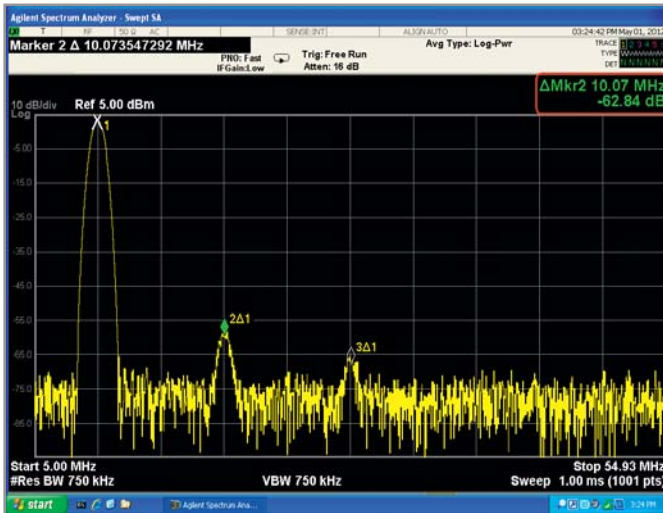


Рис. 1. Гармоники сигнала, созданного по технологии Trueform

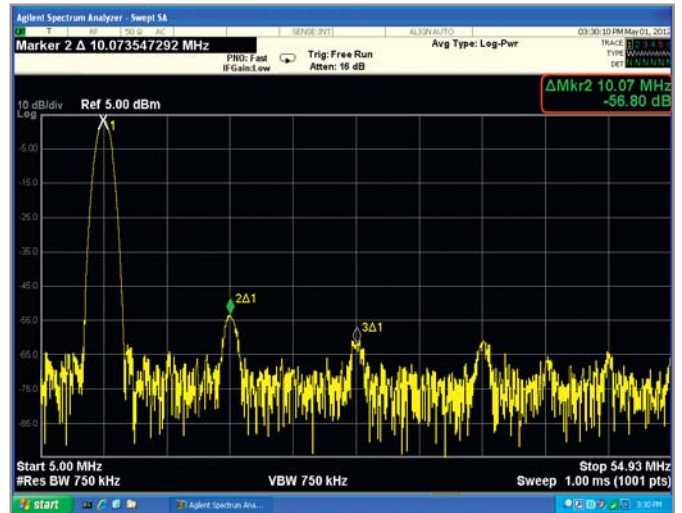


Рис. 2. Гармоники сигнала, созданного по технологии DDS



Рис. 3. Измерение джиттера сигнала, созданного по технологии Trueform



Рис. 4. Измерение джиттера сигнала, созданного по технологии DDS

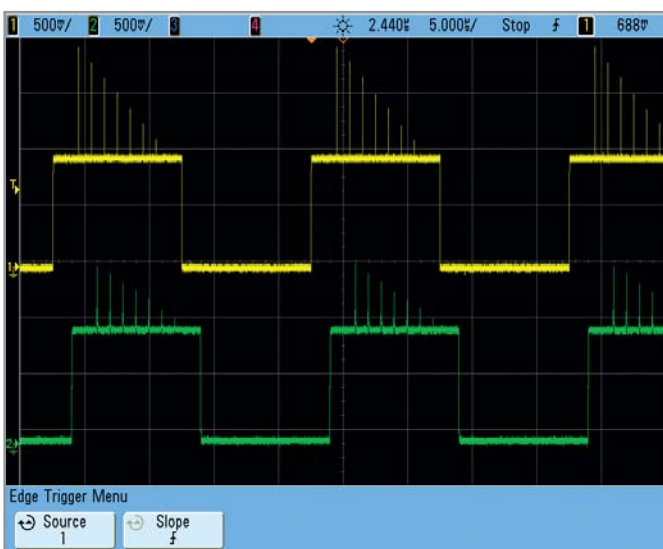


Рис. 5. Сравнение сигналов произвольной формы на частоте 50 кГц:

Верхний график – технология Trueform, частота 50 кГц; нижний график – технология DDS, частота 50 кГц



Рис. 6. Сравнение сигналов произвольной формы на частоте 100 кГц:

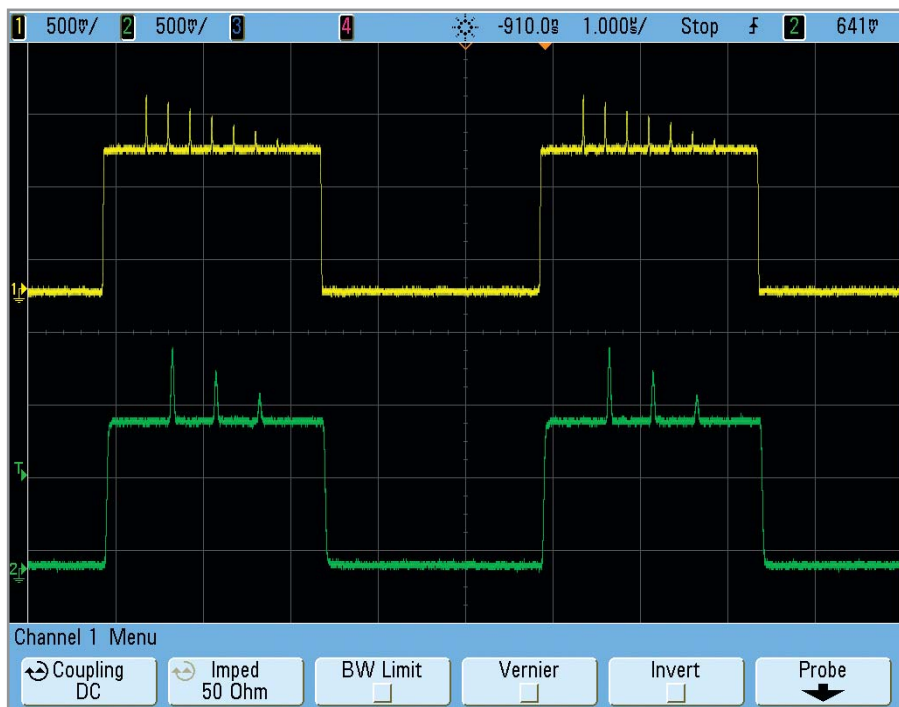
Верхний график – технология Trueform, частота 100 кГц; нижний график – технология DDS, частота 100 кГц

ным цветом и представляют собой среднеквадратический джиттер сигнала. Измерение джиттера импульсного сигнала Trueform показано на рисунке 3, а импульсного сигнала

DDS – на рисунке 4. Чувствительность осциллографа и скорость развёртки на рисунках 3 и 4 одинаковы, поэтому джиттер импульсного сигнала Trueform оказался почти в 10 раз

меньше джиттера импульсного сигнала DDS.

Лучшая целостность сигнала Trueform по сравнению с DDS означает меньшую погрешность измерений.



**Рис.7. Сравнение сигналов произвольной формы на частоте 200 кГц:**  
 Верхний график – технология Trueform, частота 200 кГц; нижний график – технология DDS, частота 200 кГц

Это особенно важно в задачах, использующих синхронизацию по фронтам. Прямым следствием меньшего джиттера является более высокая точность синхронизации ваших изменений.

**КАКИЕ СИГНАЛЫ ВЫ СОЗДАЁТЕ, ТАКИЕ И ПОЛУЧАЕТЕ**

Как мы уже говорили, технология DDS использует фиксированную тактовую частоту и фазовый аккумулятор и поэтому не может гарантировать воспроизведение каждой точки сигнала. Чем выше частота, тем больше неточностей появляется в выходном сигнале по сравнению с идеальной формой. Напротив, Trueform воспроизводит каждую точку сигнала, независимо от установленной частоты сигнала или частоты дис-

кретизации. Это становится актуальным, когда вы работаете с сигналами, содержащими тонкие детали, критичные для выполнения изменений.

В качестве примера мы создали сигнал, состоящий из импульса с семью уменьшающимися по амплитуде выбросами на его вершине. Этот сигнал был загружен в генератор с системой Trueform и в генератор сигналов произвольной формы с системой DDS. Сначала оба генератора воспроизводили этот сигнал с частотой 50 кГц. Результаты были измерены осциллографом, как показано на рисунке 5. Жёлтая осциллограмма соответствует сигналу Trueform, зелёная – сигналу DDS.

На частоте 50 кГц оба генератора смогли воспроизвести все семь вы-

бросов на вершине импульса. Но видно, что выбросы сигнала, созданного Trueform, имеют большую амплитуду. На рисунке 6 показано воспроизведение тех же сигналов, но уже с частотой 100 кГц. Здесь генератор с системой Trueform воспроизвел все семь выбросов, а генератор DDS – ни одного.

На рисунке 7 эти сигналы были воспроизведены ещё раз, но частота была повышена до 200 кГц. И снова генератор, использующий технологию Trueform, воспроизвёл все семь выбросов на вершине импульса. Генератор DDS перешёл от полного пропуска выбросов на частоте 100 кГц к воспроизведению трёх выбросов на частоте 200 кГц. Обратите внимание, что эти выбросы не совпадают по фазе ни с одним из семи выбросов на частоте 50 кГц. Эти примеры показывают, что, работая с сигналами, содержащими тонкие детали, методу DDS доверять нельзя.

Несколько десятилетий DDS был доминирующей технологией построения генераторов сигналов стандартной и произвольной формы, поскольку являлся недорогой альтернативой технологии PPC. Основным недостатком DDS является низкое качество сигнала, которое проявляется в виде джиттера и гармонического шума, а также в пропуске точек. Патентованная технология Trueform компании Agilent представляет собой следующий этап в развитии технологий генерации сигналов, предлагая возможности PPC по цене DDS. Это значит, что вы получаете меньший джиттер выходного сигнала и именно ту форму, которая вам требуется.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Технология Trueform компании Agilent объединяет возможности DDS и PPC, обладая преимуществами обеих технологий при отсутствии их ограничений. Она использует новый метод дискретизации сигнала, который обеспечивает непревзойдённые характеристики при низкой стоимости, свойственной технологии DDS. Таблица демонстрирует возможности технологии Trueform.

Дополнительная информация о технологии Trueform компании Agilent приведена на интернет-странице [www.agilent.com/find/trueform](http://www.agilent.com/find/trueform). ©

**Сравнение технологий формирования сигналов DDS и Trueform**

Характеристики	DDS: традиционный генератор сигналов, 25 МГц	Trueform: генератор сигналов Agilent 33511 В, 30 МГц	Преимущество
Джиттер	500 пс	40 пс	12 раз
Воспроизведение специальных сигналов	Пропуск точек сигнала	Воспроизведение всех точек без исключения	Точное воспроизведение сигнала
Нелинейные искажения	0,2%	0,04%	5 раз
Сглаживание	Необходимо использовать внешний фильтр	Выполняется всегда	Отсутствие ступенек
Возможность создания последовательности сигналов произвольной формы	Отсутствует	Стандартная функция	Новое качество

# Новости мира News of the World Новости мира

## Утверждена государственная программа «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы»

25 октября 2012 года на заседании Правительства Российской Федерации был рассмотрен и одобрен Проект государственной программы Российской Федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы».

В программу интегрированы ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 гг., ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2020 гг.» и подпрограмма «Создание электронной компонентной базы для систем, комплексов и образцов вооружения, военной и специальной техники на 2011–2020 гг.».

Целью программы является повышение конкурентоспособности радиоэлектронной промышленности посредством создания инфраструктуры для развития приоритетных направлений, интеграции в международный рынок и реализации инновационного потенциала.

Достижение указанной цели обеспечивается решением следующих приоритетных задач:

- созданием научно-технического задела по перспективным радиоэлектронным технологиям;
- созданием современной научно-технической и производственно-технологической базы производства конкурентоспособных радиоэлектронных изделий;
- обеспечением в требуемых объемах производства радиоэлектронных изделий для приоритетных образцов вооружения, военной и специальной техники, определяющих перспективный облик Вооруженных сил Российской Федерации.

Реализация программы будет проходить в три этапа: 2013–2015, 2016–2020 и 2021–2025 годы.

В целях контроля и оценки эффективности реализации мероприятий в программе предусмотрены целевые индикаторы и показатели. В рамках её реализации к 2025 году планируется достичь относительно уровня 2011 года следующих основных показателей:

- увеличения в 2,7 раза доли отечественных радиоэлектронных изделий на мировом рынке;
- увеличения в 2,5 раза доли отечественных радиоэлектронных изделий на внутреннем рынке;

- роста в 6,5 раза производительности труда;
- увеличения в 3 раза количества создаваемых рабочих мест (нарастающим итогом);
- увеличения в 6,4 раза объёма выпуска отечественной радиоэлектронной продукции в денежном исчислении;
- увеличения в 2 раза доли обновленных и новых основных производственных фондов организаций отрасли;
- увеличения в 3,9 раза объёма экспорта продукции.

<http://rosrep.ru>

## В составе концерна «Созвездие» теперь работают 20 предприятий

В конце 2012 года во исполнение Указа Президента РФ три предприятия – ОАО «Завод «Тамбоваппарат»», ОАО «НИИЭТ» (г. Воронеж) и ОАО «НИИССУ» (г. Москва) – передали ОАО «Концерн «Созвездие»» по 99,99% своих акций в уставном капитале. Таким образом, в составе интегрированной структуры теперь работают 20 предприятий радиоэлектроники, каждое из которых имеет свою специализацию.

В частности, московский Научно-исследовательский институт систем связи, предприятие с 35-летней историей, выполняет работы по созданию специализированных систем в интересах Правительства РФ и высшего руководства Минобороны России. В настоящее время институт имеет статус головного предприятия по созданию полевой системы связи Вооруженных Сил Российской Федерации, а также участвует в создании ряда других объектов и систем автоматизации управления в интересах Минобороны России и других ведомств.

История завода «Тамбоваппарат» насчитывает более полувека. Начиная с 2001 года предприятие выпускает коротковолновые передающие радиостанции киловаттной и 15-киловаттной мощности. Опытно-конструкторское бюро занимается разработками перспективных образцов цифровой техники. Завод имеет лицензии на право выпуска, ремонта и разработки специальной техники.

Воронежский научно-исследовательский институт электронной техники ведёт разработки и выпускает функционально сложные изделия микроэлектроники: БИС и СБИС микроконтроллеров (однокристалльных микроЭВМ), процессоры цифровой обработки сигналов (ПЦОС), СБИС типа «система на кристалле» под конкретные

задачи потребителей, цифро-аналоговые преобразователи и интерфейсные ИМС, мощные ВЧ и СВЧ кремниевые транзисторы (ведутся разработки перспективных изделий на SiC и GaN) и комплексированные изделия (модули) на их основе. Потребителями продукции ОАО «НИИЭТ» являются свыше 200 предприятий страны.

Пресс-служба ОАО «Концерн «Созвездие»»

[www.sozvezdie.su](http://www.sozvezdie.su)

## IBM передает «Ангстрему» технологию производства чипов 90 нм

Коммерческое соглашение о сотрудничестве с корпорацией IBM по развитию технологических инноваций подписали компании НПО «Ангстрем» и «Ангстрем-Т», в рамках прошедшего в Москве международного форума «Открытие инновации». IBM лицензирует «Ангстрему» технологию производства микросхем с топологическими нормами 90 нм, используя которую зеленоградское предприятие планирует запустить производство микроэлектронных устройств для индустриального и потребительского сегментов рынка. Помимо лицензии на использование технологии «Ангстрем» получит от IBM правила проектирования, необходимые для организации контрактного производства и сможет предложить услуги Smart Foundry российским и зарубежным заказчикам. Отдельный меморандум о взаимопонимании между сторонами определяет условия сотрудничества в сфере исследований и разработок с использованием инновационных технологий, говорится в пресс-релизе «Ангстрема».

Для производства по технологии 90 нм от IBM будет в основном использоваться оборудование из состава технологической линии AMD, приобретённой «Ангстремом» в 2008 году под реализацию другого проекта – создание фабрики чипов «Ангстрем-Т» с топологическим уровнем 130–110 нм.

По имеющимся данным, приступить к монтажу «чистых комнат» планируется весной 2013 года, а запуск производства 90 нм намечен на начало 2014 года.

Технология производства микросхем с топологическим размером 90 нм была актуальна в 2002–2003 гг., сейчас же наиболее передовой является технология 22–28 нм – она используется при производстве чипов динамической памяти. Процесс 90 нм отстаёт на три поколения, тем не менее, микросхемы, созданные по этой технологии, занимают 23% мирового рынка, а объём их продаж в 2011 г. составил \$75 млрд.

*Zelenograd.ru*