

НОВАЯ СЕРИЯ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛОВ АКТАКОМ AWG-4085, AWG-4165 И AWG-4255 С ШИРОКОФОРМАТНЫМИ СЕНСОРНЫМИ ДИСПЛЕЯМИ

NEW SERIES OF АКТАКОМ AWG-4085, AWG-4165 AND AWG-4255 WAVEFORM GENERATORS WITH LARGE TOUCH SCREEN

Не так давно в ассортименте контрольно-измерительного оборудования АКТАКОМ появилась новая серия двухканальных универсальных генераторов, сочетающих в одном приборе генератор сигналов специальной формы и сигналов произвольной формы. В настоящий момент в серию входят 3 генератора с практически одинаковыми характеристиками и отличающимися только максимальной частотой генерации — 80 МГц, 160 МГц и 250 МГц (рис. 1).



Рис. 1. Генератор сигналов серии AWG-4085, AWG-4165 и AWG-4255

Как и большинство современных генераторов, приборы используют метод прямого цифрового синтеза (DDS), который обеспечивает высокую точность по частоте, стабильность и малый температурный дрейф.

Познакомимся с новой серией генераторов АКТАКОМ на примере младшей модели AWG-4085 с максимальной частотой генерируемого синусоидального сигнала 80 МГц. Вся серия исполнена в интересном, отличном от традиционного, форм-факторе, больше напоминающем современный цифровой осциллограф, вертикально стоящий на столе (рис. 2). Такая компоновка объясняется не только экономией места на рабочем столе, но и наличием сенсорного экрана и интерактивного интерфейса, предполагающего размещение прибора рядом с пользователем, а выдвижные ножки позволяют отрегулировать необходимый угол наклона генератора.

При осмотре прибора в первую очередь бросаются в глаза размеры генератора и большого 8-дюймового дисплея, занимающего половину передней па-



нели прибора. Дисплей использует TFT-матрицу с высоким разрешением 800×600 пикселей, изображение на экране яркое, линии тонкие и четкие. Отметим, что при изменении параметров сигнала также изменяется и схематичное изображение сигнала в нижней части панели установок, это удобно при установке параметров генерируемого сигнала.

Управление прибором комбинированное — выбор функции или формы сигнала производится клавишами на передней панели (рис. 3), а дальнейшие установки параметров сигналов, выбор форм сигналов произвольных форм, типа модуляции или редактирование форм сигналов производится с использованием экранных меню и кнопок.

Поле клавиш на передней панели сгруппировано в пять функциональных блоков управления прибором: поворотный переключатель и навигационный клавиши (стрелки), блок системных настроек и утилит, цифровая клавиатура, блок выбора режима работы и два блока выбора и включения канала.

Блок системных настроек и утилит содержит следующие клавиши: Counter — включение и настройки частотомера, позволяет установить тип входа, чувствительность, уровень запуска, Edit — включения редактора форм сигналов, Preset — сбрасывает настройки на за-



Рис. 2. AWG-4085, вид сбоку

водские или на один из 16 вариантов заранее предустановленные пользователем профилей, здесь же устанавливается состояние генератора после включения питания — на заводские настройки, пользовательские или последние перед выключением питания, клавиша Utility — системные настройки, Store — выбор ячейки (00-31) внутренней памяти или внешнего USB-запоминающего. Здесь же расположена клавиша Help, которая достаточно подробно описывает назначение каждой клавиши управления.



Рис. 3. Передняя панель прибора

Ввод числовых значений параметров может производиться тремя способами — с помощью физических клавиш на цифровой клавиатуре передней панели прибора, с помощью поворотного переключателя или ввод с виртуальной клавиатуры на экране прибора (рис. 4).

Под поворотным переключателем расположен блок выбора режима работы — клавиши выбора типа и параметров модуляции (Mod), свипирования (Sweep) и режима пачек импульсов (Burst), установки параметров всех режимов производится во всплывающих экранных меню.

Непосредственно над выходными разъемами расположены клавиши включения/выключения выходов каналов. В этом блоке также расположена клавиша ручного запуска (Trigger). Если в режимов генерации пачек импуль-

сов или свипирования установлен ручной запуск, то при нажатии этой кнопки будет запускаться однократный цикл свипирования или генерации пачки.

Клавиши выбора стандартных форм сигналов расположены под экраном. Здесь можно выбрать синусоидальный, прямоугольный, треугольный, импульсный, шум, сигналы гармоник и включить режима произвольных форм.

ГЕНЕРАЦИЯ СИГНАЛОВ

Что же могут генераторы АКТАКОМ новой серии?

Широкое развитие и применение технологии DDS при разработке генераторов сигналов привело к сокращению продуктовых линеек у производителей различных генераторов. Если раньше отмечалась узкая специализация по формам и типам воспроизводимых сигналов (синусоидальных сигналов, импульсные генераторы, высоко- и низкочастотные генераторы, генераторы шума, генераторы гармоник, синтезаторы и т.д.), то DDS-генераторы универсальны и могут заменить практически все типы генераторов.



Рис. 4. Экранная клавиатура

В новом приборе совмещены два типа генераторов — генератора сигналов специальной формы и генератора сигналов произвольной формы. И если генерировать стандартные сигналы (синусоидальный, прямоугольный, пилообразный и импульсный) в настоящее время могут все генераторы, то возможность генерирования произвольных форм все еще остается приятной вишенкой на торте, которая позволяет значительно расширить сферу применения прибора.



Рис. 5. Обычный вид экранной панели установки параметров каналов CH1 и CH2



Рис. 6. Вид сигнала в режиме генерации гармоник

Для выбора формы стандартного сигнала достаточно нажать клавишу под дисплеем с соответствующей пиктограммой и на экранной панели (рис. 5) соответствующего канала установить необходимые значения параметров. Все иконки на панели доступны и для сенсорного управления, включить или выключить канал, изменить форму сигнала, тип и источник модуляции, тип нагрузки можно движением пальцев на экране прибора. Отметим, под панелями каналов в отдельной строке выво-

дится информация от включенного частотомера, но об этом ниже.

Помимо генерации привычных синусоидального, прямоугольного, пилообразного или импульсного сигнала прибор позволяет генерировать шумовой сигнал и гармоники.

Возможна генерация гармоник до 16 порядка, при этом можно выбрать режим генерации — четные гармоники, нечетные, все или по выбору пользователя, при этом амплитуду и фазу можно задать отдельно (рис. 6).



Рис. 7. Клавиши выбора формы сигнала

Среди клавиш выбора форм сигнала под дисплеем находится и кнопка выбора режима формирования сигналов произвольной формы (рис. 7).

Генераторы сигналов произвольной формы (Arbitrary Waveform Generator) — самые универсальные приборы, способные воспроизвести практически любой сигнал из собственной базы, запи-

Метод прямого цифрового синтеза (DDS) основан на синтезе сигналов произвольной формы и частоты из единственной опорной частоты, поставляемой генератором тактовых импульсов.

Принцип действия генератора с DDS основан на построении формы сигнала из хранящихся в памяти характеристик фрагментов одного периода функции Sin (x). Двоичный счетчик генерирует адресный код для ПЗУ, где записана перекодировочная таблица (Look Up Table) характеристик функции. Код, поступающий на вход ПЗУ, является аргументом данной точки функции, а код на выходе ПЗУ, равный значению функции для данного аргумента, поступает с частотой дискретизации на ЦАП, который формирует синусоидальный сигнал. Выходное напряжение с ЦАП изменяется ступенчато (квантами), поэтому, для подавления гармоник низких частот, подвергается фильтрации в ФНЧ и поступает на выход. Для перестройки выходной частоты используется делитель с переменным коэффициентом деления, на вход которого поступает тактовый сигнал с опорного генератора.

Параметры сигнала — частота, амплитуда и фаза в любой момент времени определены и подконтрольны.

Генераторы с технологией DDS практически не подвержены температурному дрейфу и старению. Единственным элементом, который обладает свойственной аналоговым схемам нестабильностью, является ЦАП. Высокие технические характеристики стали причиной того, что в последнее время DDS вытесняют обычные аналоговые синтезаторы частот. Основные преимущества DDS:

- цифровое управление частотой и фазой выходного сигнала;
- экстремально быстрый переход на другую частоту (или фазу), перестройка по частоте без разрыва фазы, без выбросов и других аномалий, связанных со временем установления;
- очень высокое разрешение по частоте и фазе;
- архитектура, основанная на DDS, ввиду очень малого шага перестройки по частоте, исключает необходимость применения точной подстройки опорной частоты, а также обеспечивает возможность параметрической температурной компенсации;
- цифровой интерфейс позволяет реализовать микроконтроллерное управление;
- для квадратурных синтезаторов имеются DDS с I и Q выходами, которые работают согласованно.

Частотное разрешение DDS составляет сотые и даже тысячные доли герца при выходной частоте порядка десятков мегагерц. Такое разрешение недостижимо для иных методов синтеза. Другой характерной особенностью DDS является очень высокая скорость перехода на другую частоту. Синтезаторы на основе PLL (Phase Locked Loop, еще один распространенный метод синтеза — метод фазовой автоматической подстройки частоты) используют обратную связь и фильтрацию сигнала ошибки, что замедляет процесс перестройки частоты. Для DDS скорость перестройки ограничена практически только быстродействием цифрового управляющего интерфейса. Более того, все перестройки по частоте в DDS происходят без разрыва фазы выходного сигнала. Поскольку выходной сигнал DDS синтезируется в цифровом виде, достаточно просто можно осуществить модуляцию различных видов.

санной в памяти или сформированной пользователем. Используя возможности DDS-технологии, эти приборы могут генерировать любые сигналы, которые могут быть математически описаны, включая сигналы со сложными видами модуляции.

Генератор АКТАКОМ AWG-4085 может воспроизводить 152 формы сигнала, записанные в памяти прибора. Все формы разбиты на 8 тематических групп (рис. 8): Общие (Common), Медицинские (Medical treatment), Стандартные, Математические, Тригонометрические, Оконные функции, Инженерные и Образцы (сегменты) модуляции АМ, ЧМ, ФМ и ШИМ.



Рис. 8. Выбор формы произвольного сигнала (математические функции)

Здесь уместно вернуться к техническим характеристикам генератора.

Известно, что одними из самых важных параметров генератора, кроме максимальной частоты генерации, считаются максимальная частота дискретизации, значение вертикального разрешения и объем памяти. Не углубляясь в теорию, скажем, что максимальная частота дискретизации — максимальное число выборок, которое может выдать ЦАП прибора за определённый интервал времени, пара-

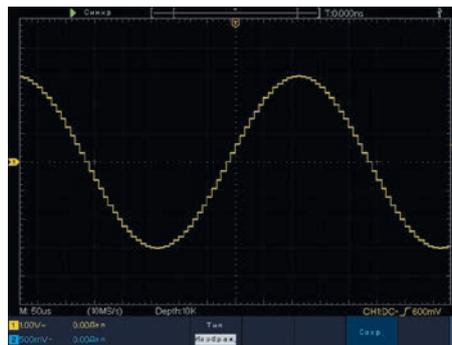
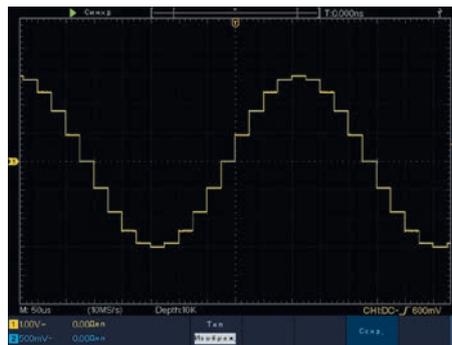


Рис. 9. Условное отображение влияния разрядности ЦАП на качество воспроизведения формы сигнала

метр, определяющий максимальную частоту генерации прибора. Соотношение объема памяти и частоты дискретизации называется временем воспроизведения и отображается формулой $V_{mem}/F_d = t_s$, где V_{mem} — объем памяти, F_d — частота дискретизации, t_s — время воспроизведения. Из формулы понятно, что при увеличении частоты дискретизации увеличивается и объем необходимой памяти, но время воспроизведения уменьшается. Время воспроизведения определяет максимальную длительность сигнала произвольной формы, которую может воспроизвести генератор. В нашем случае получается время воспроизведения порядка 1,6 мс,

вполне неплохое значение для генератора бюджетной категории.

Третий основной параметр генераторов DDS — это разрядность ЦАП. Если рассматривать график построения формы сигнала (рис. 9) то разрядность ЦАП влияет на высоту «ступеньки» — шага напряжения. Чем выше разрядность ЦАП, тем меньше размер шага («ступенька» ниже) и тем выше качество построенного сигнала. Для сравнения можно сказать, что генераторы с 8 разрядным ЦАП для создания нужного сигнала способны вывести $2^8 = 256$ значений градации напряжения. В генераторе AWG-4085 разрядность составляет 14 бит, и, соответственно, $2^{14} = 16384$ градаций напряжения.

Теоретически предполагается, что при восстановлении сигнала осциллографом, каждый разряд ЦАП увеличивает вертикальное разрешение прибора в два раза. В действительности, число разрядов влияющих на точность воспроизведения сигнала, ниже объявленной разрядности ЦАП (из-за влияния гармоник, собственных шумов генератора и паразитных составляющих) и называется числом эффективных разрядов (в литературе применяется устойчивая аббревиатура ENOB — Effective Number of Bits), но в рамках данной статьи мы не будем останавливаться на этой теме.

Отметим, что имея частоту дискретизации 1,25 Гвыб/с, ЦАП разрядностью 14 бит, и глубину памяти до 1М в режиме произвольных форм, AWG-4085 способен воспроизводить самые сложные формы сигналов.

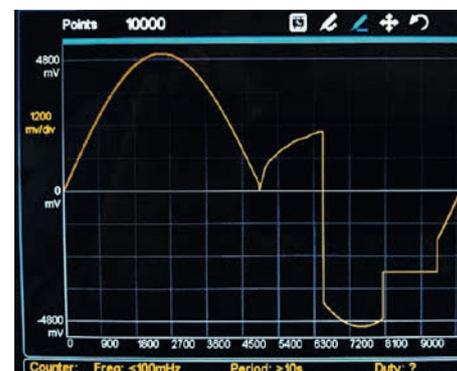


Рис. 10. Редактор произвольных форм сигналов

В ряде случаев удобно будет воспользоваться редактором стандартных форм сигналов. При нажатии клавиши EdIt в блоке клавиш системных настроек и утилит на экране открывается окно редактора форм (рис. 10). Редактор позволяет, используя стандартные формы синусоидального, прямоугольного, пилообразного, шумового и DC сигналов, построить пользовательские формы. Для построения используется от 2 до 100 тысяч точек, инструментов для рисования не много, используются два «карандаша» — для прямых линий и для рисования криволинейных форм, рисовать надо жёсткими на экране, после нескольких тренировок получается

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛОВ АКТАКОМ AWG-4085, AWG-4165 И AWG-4255

Максимальная выходная частота	80 МГц (АКТАКОМ AWG-4085) 160 МГц (АКТАКОМ AWG-4165) 250 МГц (АКТАКОМ AWG-4255)
прямоугольный сигнал	30 МГц (АКТАКОМ AWG-4085) 50 МГц (АКТАКОМ AWG-4165) 80 МГц (АКТАКОМ AWG-4255)
пилообразный сигнал	5 МГц
импульсный сигнал	25 МГц
шум	120 МГц в полосе (-3 дБ), (Гауссовский белый шум)
произвольные формы	15 МГц для встроенных форм 50 МГц для пользовательских форм
Стандартные формы сигналов	синусоидальный, прямоугольный, треугольный, импульсный, шум, произвольный
Произвольные формы сигналов	кардинальный синус, экспоненциальный, ЭКГ, Гаусса, DC-уровень и более 150 других форм
Частота дискретизации	1,25 Гвыб/с
Вертикальное разрешение	14 бит
Разрешение по частоте	1 мГц
Точность установки (0...40 °С)	±1 ppm
Амплитуда выходного сигнала, 50 Ом	1 мВpp...10 Вpp
Амплитуда выходного сигнала, высокий импеданс	2 мВpp...20 Вpp
Точность воспроизведения	±(1% + 1 мВpp)
Разрешение по амплитуде	1 мВpp
общие гармонические искажения (синусоидальный)	<0,05%, 10...20 кГц, 1 Вpp

достаточно неплохо. Созданную оригинальную форму сигнала можно отправить сразу на выход генератора, а можно сохранить, либо во внутренней памяти, либо на внешнем USB запоминающем устройстве.

Для стандартных сигналов (за исключением гармоник, шумового и сигнала постоянного напряжения) доступны дополнительные режимы — модуляция сигнала, свипирование и генерация пачек импульсов.

Режим модуляции позволяет получить на выходе генератора модулированные сигналы наиболее распространенных типов.

В качестве несущей частоты используется любой специальный сигнал генератора (кроме шума, гармоник и DC), модулирующим сигналом может быть сигнал от внешнего источника или внутреннего источника генератора.

При включении режима Mod на экране отображается таблица с перечнем наиболее распространенных типов модуляции. Доступны четыре типа модуляции (AM, ФМ, ЧМ и ШИМ) и 7 типов цифровой манипуляции (ASK, PSK, FSK, 3FSK, 4FSK, BPSK, OSK), выбираются в экранном меню. При выборе определенного типа модуляции в боковом меню в некоторых случаях открывается панель дополнительных настроек.

При изучении частотных характеристик различных электронных устройств часто возникает необходимость в тестовом сигнале, частота которого изменяется по определенному закону за период времени. Такой процесс называется свипированием или качанием по частоте (Sweep) и возможен для синусоидального, прямоугольного и треугольного сигналов. При включении режима необходимо установить параметры качания частоты — границы диапазона качания, время развертки — достаточно широкий диапазон от 1 мс до 500 с, и закон, по которому будет изменяться частота — линейный или логарифмический. Естественно, что диапазон частот свипирования соответствует диапазону генерации сигнала, т.е. для синусоидального от 1 мГц до 80 МГц, у прямоугольного сигнала верхняя граница диапазона будет 30 МГц и пилообразного 5 МГц соответственно.

Большинство современных генера-

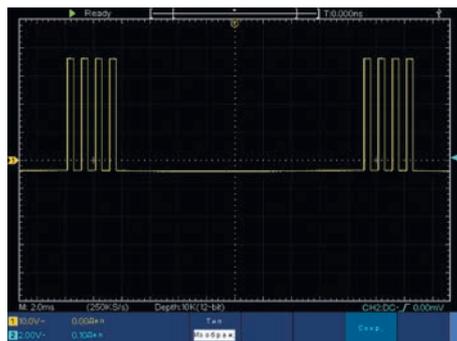


Рис. 11. Режим формирования пачек импульсов (Burst)



Рис. 12. Подключение внешнего источника модуляции и вход/выход опорной частоты

торов имеют режим формирования пачек импульсов (Burst). В этом режиме генератор формирует импульсы, «заполненные» сигналами синусоидальной, прямоугольной, треугольной, импульсной или произвольной формы (рис. 11). При этом изначально устанавливаются параметры «несущего» сигнала — частота, амплитуда и при необходимости фаза или симметрия для треугольного сигнала, и далее устанавливаются параметры пачек — период и количество циклов повторения «несущего» сигнала в пачке.

Наиболее важные параметры — частота несущей (заполнения) от 2 мГц до 100 МГц (для генератора AWG-4255, для AWG-4085 максимальная частота 40 МГц (синусоидальный), период повторения от 10 нс до 500 с. Формирование заполняющего сигнала может производиться либо устанавливаемым значением количества циклов, либо постоянной генерацией сигнала несущей или стробированием, когда формирование пачек будет определяться сигналом внешнего запуска.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПОДКЛЮЧЕНИЯ

На передней панели прибора рядом с выходным разъемом канала установлен дополнительный разъем Сунс. При включении опции в системных настройках на этот разъем выводится сигнал синхронизации, который соответствует текущей конфигурации канала. Для разных сигналов сигнал синхронизации имеет разную форму, так например, для синусоидального, прямоугольного, треугольного или импульсного сигнал синхронизации будет иметь прямоугольную форму частотой генерируемого сигнала и с коэффициентом заполнения 50%. В других случаях сигнал синхронизации будет иметь иные параметры.

На задней панели прибора (рис. 12) расположены разъемы входа внешней модуляции и внешнего запуска MOD/FSK/Trig/. Используется для подключения внешнего источника модулирующего (или сигнала манипуля-

ции), свипирования частоты, а так же стробирующего окна (Gate) в режиме генерации пачек.

Также здесь расположен многоцелевой разъем подключения частотомера и вход/выход сигнала тактирования 10MHz/In/Out/Counter.

При работе генератора совместно с другими контрольно-измерительными приборами возникает необходимость в синхронизации генерации и измерений. Для этих целей генератор может выводить сигнал опорной частоты 10 МГц или наоборот, получать аналогичный сигнал от внешнего, например, заведомо более стабильного, источника опорной частоты.

По умолчанию разъем используется как входной разъем встроенного частотомера с частотным диапазоном 100 мГц...350 МГц и разрядностью 7 цифр. Частотомер включен «по умолчанию» постоянно, измеренные значения выводятся в нижней строке экрана. Для изменения настроек частотомера клавишей Counter на экран выводится небольшое меню установок частотомера.

В случае необходимости использования опорной частоты, необходимо включить функцию CLK Output в настройках прибора, при этом разъем 10MHz/In/Out/Counter работает уже не как входной разъем частотомера, а как вход/выход сигнала опорной частоты.

Параметры генерируемого сигнала можно сохранить для дальнейшего воспроизведения в файле с расширением *.bin либо во внутренней памяти (32 ячейки), либо во внешнем запоминающем устройстве, разъем USB расположен на передней панели. Впоследствии сохраненный файл можно легко считать и запустить генерацию сигнала.

Подводя итог, можно сказать, что генераторы новой серии АКТАКОМ AWG-4085, AWG-4165 и AWG-4255 — это новый, достаточно мощный и универсальный инструмент, который по своим возможностям может успешно решить большинство задач во всех сферах применения радиоэлектроники, на производстве, в научных учреждениях и сервисных организациях. ☑

Not so long ago AKTAKOM announced a new series of dual-channel general purpose generators that combine the functions of signal generator and arbitrary waveform generator in one housing. Currently this series includes 3 models with similar characteristics differing in maximum generation frequency — 80 MHz, 160 MHz and 250 MHz. One of the distinguishing features of these generators is a large 8" touch screen which makes the work with these models convenient and easy. Current article represents a detailed review on this new series.