

# ВОЗМОЖНОСТИ DDS ГЕНЕРАТОРОВ АКТАКОМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

## THE FEATURES OF THE NEW GENERATION OF АКТАКОМ DDS GENERATORS

Афонский А.А. (A. Afonskiy)

Еще несколько лет назад за приоритет на рынке измерительной техники шла упорная борьба между генераторами, построенными по линейной (аналоговой) схеме и цифровыми генераторами, работающими на технологии прямого цифрового синтеза (DDS).

Развивающиеся цифровые технологии дали толчок производству более быстродействующих электронных компонентов, в том числе и цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП). Именно благодаря усовершенствованным ЦАП, увеличивающимся быстродействию и разрешению, а также снижающейся себестоимости, цифровые генераторы все более активно вытесняют аналоговые генераторы. Цифровые генераторы DDS имеют высокое, недоступное для аналоговых методов, разрешение по частоте. Перестройка с одной частоты на другую происходит очень быстро, без выбросов и иных недостатков, связанных со временем установления. Генераторы, построенные на прямом цифровом синтезе, имеют высокую стабильность, малый дрейф и старение. Они просты в применении и имеют возможность управления с помощью персонального компьютера. И это далеко неполный список всех преимуществ DDS генераторов.

В модельном ряду АКТАКОМ генераторы на основе прямого цифрового синтеза появились несколько лет назад. Они снискали заслуженную популярность у пользователей своими техническими и потребительскими свойствами, а также невысокой ценой. Подробно о двух сериях этих генераторов вы могли ознакомиться, прочитав статью «Функциональные генераторы АКТАКОМ» (КИПиС 2008 № 4).

Но, наряду с вышеперечисленными достоинствами, эти генераторы имели и один недостаток — неудобство управления. В зависимости от серии, в данных



приборах использовались двух- или четырехстрочные ЖК-дисплеи. Применение таких строчных дисплеев уменьшает стоимость приборов, снижает габариты прибора, но снижает и информативность отображаемой информации, что затрудняет пользование этими приборами на начальном этапе применения.

приборами с наилучшими техническими характеристиками, потребительскими свойствами и функциональными возможностями (рис. 1).

В новых генераторах применяются принципиально иные пользовательские интерфейсы. Они более совершенны, информативны и понятны широкому кругу пользователей. Дизайн приборов стал более современным и эргономичным. В серии АНР-1105, АНР-1110,



1) Функциональные генераторы АНР-1105, АНР-1110, АНР-1120



2) Функциональные генераторы АНР-1011, АНР-1021, АНР-1031, АНР-1041



3) Функциональные генераторы АНР-1115, АНР-1150, АНР-1180, АНР-1250



4) Генераторы сигналов специальной формы АНР-1016, АНР-1025, АНР-1035

Рис. 1. Новые серии DDS генераторов АКТАКОМ

Кроме того, в модельном ряду АКТАКОМ имелись только одноканальные модели, а тенденции на рынке измерительной техники менялись. Требовались генераторы, которые имели бы два канала с возможностью совершенной операций между ними (например, сдвиг фаз, гармоническое отношение и т.п.). Проанализировав эти тенденции, осенью 2010 года АКТАКОМ предложил сразу четыре новых серии цифровых генераторов DDS, представленных

АНР-1120 Актаком используется LED дисплей, а в генераторах трех других серий — цветные ЖК-дисплеи.

Также принципиально изменился и внешний вид генераторов. Органы управления, как и соответствующие им области на экране, разбиты на зоны, благодаря чему внешний вид современных генераторов стал похож на осциллографы. Задание необходимых параметров может осуществляться как с передней панели при помощи цифровой клавиатуры или поворотного регулятора и кнопок управления, так и от персонального компьютера через USB-интерфейс.

Первая группа генераторов представлена тремя моделями АНР-1105, АНР-1110, АНР-1120 (рис. 2).

Эту серию можно назвать бюджетной и рекомендовать для учебных заведений и радиолюбителей, для всех тех, кто хочет получить хорошую функциональность за небольшие деньги.

Генераторы этой серии легко отличить от приборов других серий по двух-

Таблица 1

ФОРМЫ СИГНАЛА DDS ГЕНЕРАТОРОВ АКТАКОМ АНР-1105, АНР-1110, АНР-1120

Код	Форма сигнала	Код	Форма сигнала
00	Синусоида	08	Положительное напряжение DC
01	Прямоугольный	09	Отрицательное напряжение DC
02	Треугольный	10	Выпрямленный синус
03	Пила вверх	11	Ограниченная синусоида
04	Пила вниз	12	Экспонента
05	Положительный импульс	13	Логарифмическая функция
06	Отрицательный импульс	14	Полукруг
07	Ступенчатый	15	Sin (x)/x

строчному восьмиразрядному LED дисплею и большому количеству (22) светодиодных индикаторов, отображающих информацию о различных режимах работы (рис. 3).

Важно отметить, что все надписи под индикаторами выполнены на русском языке. Применение светодиодных матриц и индикаторов значительно улучшают информативность в работе, по сравнению с ЖК индикаторами генераторов предыдущих серий.



Рис. 2. DDS генераторы АКТАКОМ АНР-1105, АНР-1110, АНР-1120

Верхняя строка LED дисплея отражает частотно-временные параметры, такие как частота, период, интервал, время стробирования, коэффициент заполнения и другие. Параметры, связанные с напряжением, такие как амплитуда, смещение, затухание, а также иные параметры (кратность гармонических отношений, фазовый сдвиг, код формы сигнала и т.п.) показываются в нижней строке. Для удобства работы 22 светодиодных индикатора, отображающих различные функции и режимы работы, разбиты на шесть зон.

Особенностью генераторов АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120 является

Таблица 2  
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРОВ АКТАКОМ АНР-1105, АНР-1110, АНР-1120

	АНР-1105	АНР-1110	АНР-1120
Частотный диапазон	синус	30 МГц ~ 5 МГц	30 МГц ~ 10 МГц
	остальные	30 МГц ~ 1 МГц	30 МГц ~ 1 МГц
Количество каналов	2 (идентичных)		
Минимальное разрешение (частота)	10 МГц (при F < 1 МГц)		
Погрешность установки частоты	± 50 ppm		
Диапазон амплитуд (высокий импеданс)	1 мВп-п ~ 20 Вп-п (F < 10 МГц)		
Разрешение (амплитуда)	1 мВп-п		
Формирование сигнала	разрядность ЦАП 8 бит, сэмплирование 100 Мвыб/с, 1..1К точек		
Форма выходного сигнала	16 типов		
Основные режимы	гармонический сигнал, ЧМ, свипирование		

ми в формировании сигнала. Подробный список приведен в таблице 1.

Все модели приборов внутри данной группы отличаются друг от друга максимальной частотой генерации. Генератор АКТАКОМ АНР-1105 является «младшей» моделью данной серии. Диапазон генерации синусоидального сигнала составляет 40 МГц ~ 5 МГц. Далее следует АНР-1110 (40 МГц ~ 10 МГц) и АНР-1120 (40 МГц ~ 20 МГц). Для других форм сигналов диапазон частот составляет 40 МГц ~ 1 МГц.

Погрешность установки частоты составляет 50 ppm, что совсем неплохо для бюджетных генераторов. Тактовый генератор для обоих каналов используется один и тот же, поэтому погрешность установки частоты для них одинакова.

Функциональные генераторы АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120 могут формировать выходной сигнал в диапазоне

личными уровнями сигналов, пользователь может задавать 4 значения аттенюатора в диапазоне от 0 до 60 дБ.

При работе с импульсными сигналами в функциональных генераторах АКТАКОМ АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120 предусмотрена возможность изменения коэффициента заполнения в диапазоне от 1% до 99%. А время нарастания/спада прямоугольного или импульсного сигнала составляет не более 35 нс.

В функциональных генераторах обычно присутствуют и специальные режимы работы, позволяющие формировать сигналы, отличные от обычных, гармонических. Есть такие режимы и в АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120.

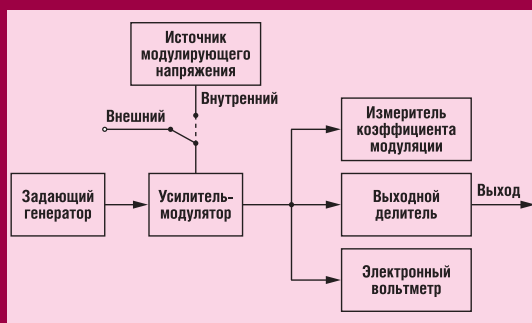
Вшеупомянутые модели генераторов могут выдавать сигналы и в режиме свипирования или, говоря по-другому, «качания» частоты. Как и режим частотной модуляции, свипирование доступно только для канала А. В моделях генераторов данной бюджетной серии предусмотрено три варианта подобных режимов:

- свипирование от начальной частоты к конечной. По достижении конечной частоты возвращается на начальную частоту;
- свипирования от конечной частоты к начальной. По достижении начальной частоты возвращается на конечную частоту;
- свипирования от начальной частоты к конечной и обратно. По достижении конечной частоты не возвращается на начальную частоту, а начинается свипирование от конечной частоты на начальную.

Для работы с модулированными сиг-

Аналоговые генераторы содержат частотно-избирательные цепи, которые обеспечивают выполнение условия самовозбуждения на заданных частотах. Однако погрешность частоты, ее стабильность и стабильность амплитуды при этом методе генерирования оказываются недостаточно хорошими. Кроме этого, присутствуют различные недостатки, связанные со сложностью процесса, низким разрешением, неудобством задания частоты и ограниченными возможностями управления с компьютера.

Подробно об аналоговых генераторах АКТАКОМ АНР-1001, АНР-1002, АНР-1003 наш журнал уже писал в 2003 году (КИПС 2003 № 3).



наличие двух идентичных каналов (канал А и В) для выходных сигналов. Для каждого из каналов имеется возможность формирования 16 типов форм выходных сигналов.

Как уже говорилось выше, за формирование сигналов отвечает ЦАП. Для данной серии используется ЦАП с частотой дискретизации 100 Мвыб/с, разрешением по амплитуде 8 бит и количеством точек 1024. В память генератора записано 16 стандартных форм сигналов с 1024 точками, участвующи-

амплитуд от 2 мВп-п до 20 Вп-п<sup>1</sup> (высокий импеданс). Причем амплитуда сигнала может быть задана как в пиковых, так и среднеквадратичных значениях. При этом выходной усилитель обеспечивает равномерность АЧХ до 10%<sup>1</sup>, а погрешность установки уровня на частоте 1 кГц и нагрузке 50 Ом составляет всего ±1%. При необходимости, в сформированный сигнал можно добавить постоянное смещение в диапазоне ± 10 В. Заметим, что при работе с раз-

<sup>1</sup> Данные приведены для частот до 10 МГц.

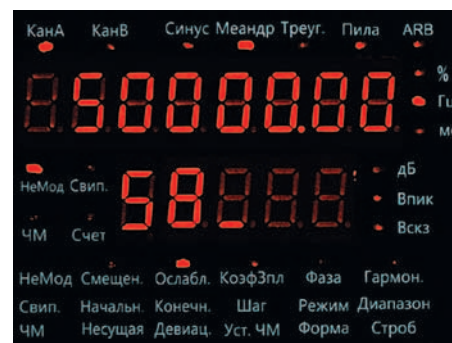


Рис. 3. Дисплей DDS генераторов АКТАКОМ АНР-1105, АНР-1110, АНР-1120

налами в функциональных генераторах АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120 предусмотрен режим частотной модуляции. Причем модулирующим сигналом для канала В может служить как сигнал канала А, так и внешний сигнал, который может подаваться на специальный разъем на задней панели прибора. Причем форма модулирующего сигнала также может быть изменена. Так, когда модулирующим сигналом является сигнал канала В, формой модулирующего сигнала будет форма сигнала канала В.



Рис. 4. Задняя панель DDS генераторов АКТАКОМ АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120

Кроме того, на задней панели прибора имеется разъем для входа частотомера. В предыдущих сериях генераторов Актаком функция частотомера была опциональной, т.е. не поставлялась в штатной комплектации. Однако для всех новых моделей, описанных в этой статье, функция частотомера является штатной. Частотомер предназначен для работы с входными сигналами с амплитудами от 200 мВп-п до 20 Вп-п в диапазоне частот от 1 Гц до 100 МГц. В процессе измерения частоты можно задать время счета. Чем больше время счета, тем больше время непосредственного измерения и, соответственно, больше значимых разрядов выводится на дисплей, но скорость отслеживания изменений частоты при этом

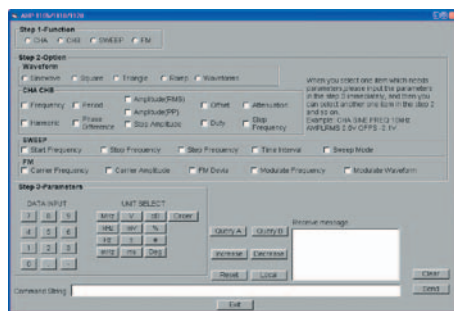


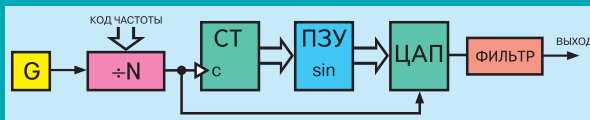
Рис. 5. Интерфейс управления DDS генераторами АКТАКОМ АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120 с помощью ПК

ниже. И наоборот, чем меньше время счета, тем ниже точность измерений, но тем больше скорость отслеживания изменений частоты.

Функциональные генераторы АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120 как и все двухканальные генераторы Актаком имеют возможность установки гармонических отношений между каналами А и В. Благодаря этому режиму, частота канала В может задаваться зависимой от частоты канала А таким образом, что частота сигнала канала В составляет N гармоник от частоты канала

### Прямой цифровой синтез (DDS)

DDS уникален своей цифровой определенностью — генерируемый им сигнал синтезируется со свойственной цифровым системам точностью. Простейший DDS выглядит так: двоичный счетчик формирует адрес для ПЗУ, куда записана таблица одного периода функции  $\sin$ , отсчеты с выхода ПЗУ поступают на ЦАП, который формирует на выходе синусоидальный сигнал, подвергающийся фильтрации в ФНЧ и поступающий на выход. Для перестройки выходной частоты используется делитель с переменным коэффициентом деления, на вход которого поступает тактовый сигнал с опорного генератора



Частота, амплитуда и фаза сигнала в любой момент времени точно известны и подконтрольны.

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:

- очень высокое разрешение по частоте и фазе, управление которыми осуществляется в цифровом виде;
- экстремально быстрый переход на другую частоту (или фазу), перестройка по частоте без разрыва фазы, без выбросов и других аномалий, связанных со временем установления;
- 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 легко реализовать микроконтроллерное управление.

А. Кроме того, находясь в режиме гармонических отношений, можно задать и фазовый сдвиг между каналами.

На передней панели генераторов АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120 предусмотрен разъем выхода синхронизации Sync, на котором формируется прямоугольный сигнал, совместимый с TTL, CMOS уровнем (низкий < 0,3 В; высокий > 4 В). Таким образом, функциональные генераторы могут быть синхронизированы с другими измерительными приборами, имеющими вход синхронизации. Если выбран канал А, то на выходе разъема Sync присутствует сигнал с частотой равной частоте канала А, если же выбран канал В или режим частотной модуляции, то частота прямоугольного сигнала на этом разъеме равна частоте канала В. В режиме свипирования на выходе разъема имеется сигнал высокого уровня в начале свипирования и низкого — в середине свипирования.

Погрешности любого прибора оцениваются при его изготовлении или последующей калибровке в метрологической лаборатории. Однако они могут увеличиваться при длительном использовании и при перепадах температуры. Для проведения точных измерений генератор приходится заново калибровать. В функциональных генераторах АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120 часть параметров можно откалибровать с передней панели прибора без вскрытия корпуса. Среди них: частоты обоих каналов, амплитуда, отклонения, смещения, нулевые значения, пологость и многие другие. Всего, в общей сложно-

сти, до 53 параметров можно откалибровать при помощи функции самокалибровки прибора!

В рассматриваемых генераторах предусмотрено дистанционное управление через интерфейс USB. Управление генераторами производится либо при помощи SCPI команд, либо при помощи простого программного обеспечения с доступным и понятным интерфейсом. Внешний вид управляющей панели данного программного обеспечения отображен на рисунке 5.

В заключение, следует отметить, что функциональные генераторы АКТАКОМ АНР-1105, АНР-1110 и АНР-1120 весят менее 2,8 кг и имеют небольшие габаритные размеры (254×100×340 мм).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс. 2007.
2. Сайт [www.aktakom.ru](http://www.aktakom.ru).

*Rapid development of digital technologies has given an impulse to design and production of high-speed electronic components. The use of advanced DAC, increasing speed and resolution, and also reduction of the cost made digital generators increasingly popular against analog generators. After analyzing the changing trends in the T&M market, АКТАКОМ introduced four new series of digital DDS generator in the fall of 2010. Their capabilities and characteristics are described in this article.*