

# Прецизионные генераторы сигналов сложной формы

## А-КИП ГСС-93/1 и ГСС-93/2

**Генераторы сигналов являются одним из основных средств, предназначенных для технического обслуживания, ремонта, проведения измерений и исследований в различных областях промышленности и связи. Требования к генераторам сигналов со стороны потребителей постоянно ужесточаются в направлении расширения частотного диапазона, увеличения числа генерируемых форм, включая возможности моделирования сигналов произвольных форм, расширения видов модуляции и других вспомогательных возможностей.**

**Александр Дедюхин**

prist@prist.com

Генераторы А-КИП ГСС-93/1 и ГСС-93/2 являются многофункциональными прецизионными генераторами сигналов специальных форм, удовлетворяющими всем современным требованиям. Предназначены для исследования, настройки и испытаний систем и приборов, используемых в радиоэлектронике, связи, автоматике, вычислительной и измерительной технике, приборостроении, машиностроении, геофизике, биофизике.

Функционально генераторы ГСС-93/1 и ГСС-93/2 отличаются количеством каналов (или внутренних основных генераторов): генератор ГСС-93/1 имеет один канал (один основной генератор), ГСС-93/2 — два канала (два независимых основных генератора). Внешний вид генератора приведен на рис. 1.

Генераторы построены по принципу прямого синтеза, который заключается в том, что цифровые данные, представляющие цифровой эквивалент сигнала требуемой формы, последовательно считываются из памяти сигнала и поступают на вход цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). ЦАП тактируется с частотой дискретизации генератора 80 МГц и выдает последовательность ступеней напряжения, аппроксимирующую требуемую форму сигнала. Ступенчатое напряжение затем сглаживается фильтром



Рис. 1

нижних частот (ФНЧ), в результате чего восстанавливается окончательная форма сигнала (рис. 2).

Применение принципа прямого синтеза позволило получить диапазон выходных частот от 10 нГц (!) до 31 МГц с дискретностью установки частоты 10 нГц. Использование в качестве источника опорной частоты термостатированного опорного генератора 10 МГц обеспечивает погрешность установки частоты  $2 \times 10^{-7}$  и нестабильность по частоте  $10^{-8}$ , что является одним из лучших показателей для генератора такого типа.

Генераторы позволяют воспроизводить сигналы следующих форм:

1. синусоидальной (диапазон частот от 10 нГц до 31 МГц);
2. прямоугольной (диапазон частот от 10 нГц до 31 МГц);
3. треугольной (диапазон частот от 10 нГц до 2 МГц);
4. пилообразной (диапазон частот от 10 нГц до 2 МГц);
5. шумовой (10 МГц);
6. формирование сигнала произвольной формы (СПФ) с частотой выборки до 40 МГц.

Для всех сигналов диапазон амплитуд составляет 5 В, но генератор обладает возможностью пересчета амплитудных значений или непосредственного зада-

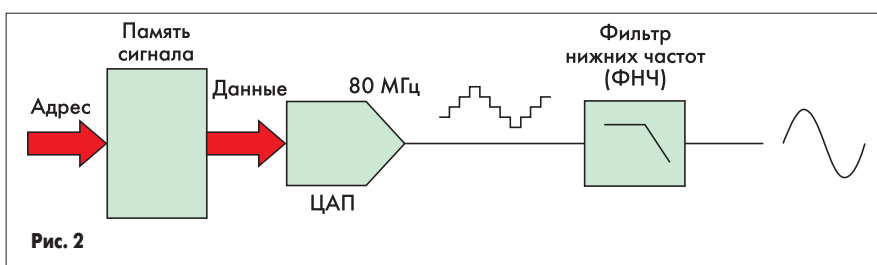


Рис. 2

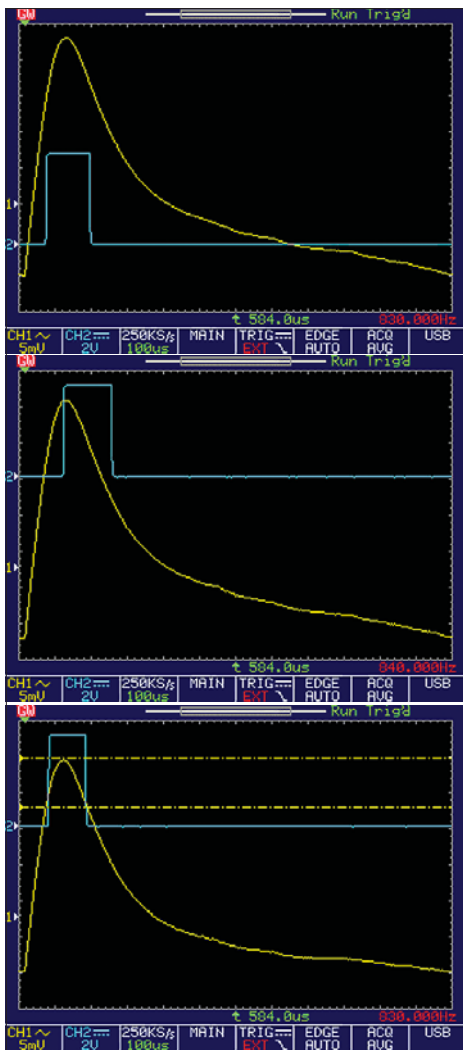


Рис. 3

На осциллограмме изображены:  
**желтым цветом** — АЧХ устройства (полосовой фильтр, АЧХ получена с применением детекторной головки);  
**синим цветом** — маркер.  
 Частота свипирования установлена таким образом, чтобы начальная частота соответствовала левой части экрана, а конечная частота — правой части экрана. При установленной развертке осциллографа 100 мкс и количестве делений экрана 12 нетрудно установить, что частота свипирования должна быть  $1/(100 \text{ мкс} \times 12) = 0,833 \text{ кГц}$

Изменяя начальную частоту маркера (или конечную частоту), можно определить частоту любой интересующей точки на АЧХ устройств.  
 В данном примере определяется частота «пика» АЧХ. Значение частоты считывается с экрана генератора

Данный пример показывает способ определения полосы пропускания фильтра.  
 Вертикальными маркерами осциллографа определяется уровень 0,7 от максимальной амплитуды. Маркер генератора устанавливается на точки пересечения с линией уровня 0,7. Ширина маркера, считанная с экрана генератора, и есть полоса пропускания фильтра

ния уровня в среднеквадратичных единицах (TRMS) и единицах измерения мощности (дБм). Дискретность установки амплитуды составляет 1 мВ.

Внутренний модулирующий генератор с диапазоном частот от 0,001 Гц до 10 кГц формирует сигналы следующих форм: синусоидальной; прямоугольной; треугольной; пилообразной и произвольной и обеспечивает следующие виды модуляции:

1. амплитудную;
2. частотную;
3. фазовую.

Возможно независимое использование выхода внутреннего модулирующего генератора, но с ограниченным диапазоном выходных амплитуд.

Описывать режимы формирования стандартных форм сигнала, очевидно, нет необходимости, но имеет смысл дать пояснения к дополнительным режимам.

Дополнительные режимы работы генератора.

1. Режим свипирования по частоте во всем диапазоне частот (как линейное, так и логарифмическое). Отличительной особенностью этих генераторов является то, что свипирование по частоте возможно во всем диапазоне частот от 10 нГц до 31 МГц, а не в пределах одного поддиапазона, как это возможно в большинстве функциональных генераторов. Наличие маркерных

функций в режиме свипирования дает очень широкие возможности при исследовании АЧХ устройств. Используя осциллограф в двухканальном режиме, один из каналов которого непосредственно отобра-



Рис. 4

жает АЧХ (как это реализовать, уже рассматривалось ранее в «КиТ» № 8'2003), второй канал используется для отображения маркера. Перемещая маркер по изображению АЧХ и управляя режимами маркера, можно изменять полосу свипирования, что приводит к увеличению или уменьшению масштаба выбранного участка АЧХ. Некоторые примеры измерения АЧХ с помощью генератора ГСС-93/1 приведены на рис. 3.

2. Формирование пакетов (аналог радиоимпульсов, но с более сложной структурой) с различными частотами и формами заполнения (включая произвольную), регулируемой длительностью и периодом повторения пакета. Данный режим является принадлежностью только «профессиональных» генераторов и позволяет значительно расширить их возможности при измерении спектра сигналов или откликов устройств при воздействии импульсов сложной формы. Например, аналогичные импульсы, но более высокочастотные, используются в радиолокации. Пример пакета, формируемого генератором, приведен на рис. 4.
3. Инвертирование выходного сигнала.
4. Формирование сигналов с уровнями ТТЛ и ЭСЛ.

Отдельного пояснения требует режим формирования сигнала произвольной формы (СПФ). Сигналом произвольной формы считается сигнал, форма которого моделируется пользователем исходя из стоящих перед ним задач. Генератор обеспечивает два режима формирования СПФ: точечный и векторный. В режиме СПФ существует 16382 точки (16 К) по временной оси и 4095 точек по оси амплитуд. В точечном режиме оператор в ручном режиме или с помощью программного обеспечения (что существенно облегчает моделирование СПФ) для каждой точки задает требуемую амплитуду. Следует оговорить, что нет необходимости записывать все

Пример пакетного сигнала, состоящий из 10 периодов несущего колебания

Один пакет, состоящий из трех импульсов несущего колебания со сдвигом начальной фазы запуска 30°

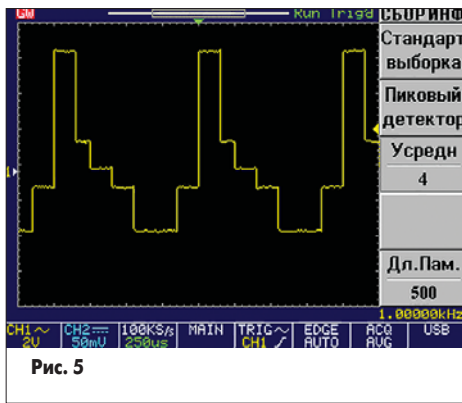


Рис. 5

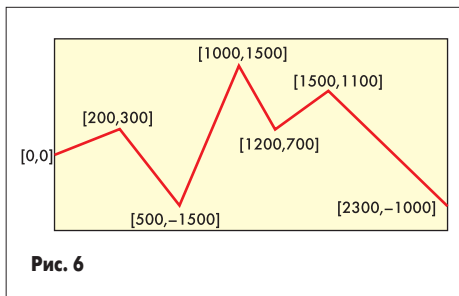


Рис. 6



Рис. 7

16382 точки, оператор может ограничить длину СПФ, например, 64 точками. При воспроизведении генератором СПФ будет представлять собой как бы ступенчатый сигнал. Очевидно, что при увеличении числа точек СПФ «ступенчатость» такого сигнала будет меньше. Пример сигнала СПФ в точечном режиме приведен на рис. 5.

Второй, векторный способ формирования СПФ, предусматривает, что по временной оси задаются адреса некоторых точек, например: 0; 200; 500; 1000; 1200; 1500 и 2300, а по оси амплитуд задается значение уровня,

Таблица

Характеристики	Параметры	ГСС-931/1		ГСС-93/2	
Выходные параметры	Частотный диапазон	Синус, меандр: 31 МГц, разрешение 0,01 мкГц Треугольник, пила: 2 МГц, разрешение 0,01 мкГц Шум: 10 МГц			
	Погрешность установки	$\pm 2 \times 10^{-7}$			
	Нестабильность частоты	$\pm 1 \times 10^{-8}$ , за каждые 15 минут			
	Число выходов	1	2		
	Выходной уровень	50 мВ...10 В пик-пик (ср. кв., дБм), 50 Ом, разрешение 0,1 мВ			
	Погрешность установки	Синус: $\pm 0,2$ дБ Прочие: от $\pm 3,0\%$			
	Выходное сопротивление	50 Ом			
	Постоянное смещение	-5...5 В ( $\pm 1,5\%$ ) на 50 Ом, разрешение 0,1 мВ			
Синусоида	Коэффициент гармоник	$\leq -45$ дБс 0...1 МГц; $\leq -32$ дБс 1...31 МГц			
Меандр	Асимметрия формы	(1% от периода + 4 нс)			
	Время нарастания/спада	< 16 нс			
Произвольная форма	Частота дискретизации	40 Мвыборок/с			
	Разрешение по вертикали	12 бит (-2048... 2047 точек)			
	Разрешение по горизонтали	16...16383 точек			
	Время синтеза	< 1 мкс			
АМ (внутренняя, внешняя)	Коэффициент АМ	0...100% (АМ); разрешение 0,1% $\pm 100\%$ (две боковые с подавлением несущей DSBSC)			
	Частота модуляции	1 мГц...10 кГц (внутр.); макс. 20 кГц (внеш.)			
	Вход внешней АМ	5 В (модуляция до 100%); 100 кОм			
ЧМ (внутренняя)	Частота модуляции	1 мГц...10 кГц			
	Частота несущей	0,01 мкГц...31 МГц; до 40 Мвыборок/с			
ФМ (внутренняя)	Частота модуляции	1 мГц...10 кГц			
	Сдвиг фазы	9999,99°			
Сви́пирование	Перестройка частоты	Непрерывно (треугольник, пила); однократно			
	Диапазон сви́пирования	0,010 мкГц...31 МГц; до 40 Мвыборок/с			
	Частота сви́пирования	1 мГц...10 кГц			
	Режимы сви́пирования	Линейное и логарифмическое			
	Выход сви́п-меток	2 метки на сви́п-сигнале устанавливаются пользователем			
Стробирование	Диапазон частот	До 2 МГц; 40 Мвыборок/с			
	Число периодов	1...65000 периодов в одном пакете			
	Выход модуляции	0...5 В			
Генератор синхрозапуска	Источник синхросигнала	Внутренний, внешний (+/- фронт), сеть, однократно		Кан. 1, внутренний, внешний (+/- фронт), сеть, однократно	
	Задержка запуска	0,1 мс...1000 с, разрешение 0,1 мс			
	Вход синхронизации	Запуск по полож. или отр. фронту, уровень ТП			
	Выход синхронизации	Уровень ТП			
Общие данные	Напряжение питания	100/120/220/230 В ( $\pm 15\%$ ), 50/60 Гц			
	Габаритные размеры, масса	363×109×386 мм, 8,5 кг			

например: 0; 300; -1500; 1500; 300; 1500 и -1000. При формировании СПФ указанные точки будут соединяться прямой линией (будет применен закон линейной интерполяции) от точки к точке. Пример одного периода такого СПФ приведен на рис. 6. На рис. 7

приведена аналогичная осциллограмма сигнала, формируемого непосредственно генератором.

Генератор ГСС-93/2 отличается от генератора ГСС-93/1 наличием второго независимого генератора с такими же техническими характеристиками, как и первый. Входы обоих генераторов симметричные и не имеют гальванической связи друг с другом или корпусом генератора — это особенно важно при подключении генераторов к независимым цепям. Поскольку оба генератора основные (в ГСС-93/2), имеется общий ОГ и выходные сигналы, вне зависимости от формы и частоты, формируются синхронно. Если же первый генератор ведущий, а второй ведомый, то возможности формирования пакетов, сигналов сложных форм, сложно модулированных или шумовых сигналов становятся практически безграничными.

Более подробные технические характеристики генераторов А-КИП ГСС-93/1 и ГСС-93/2 приведены в таблице.