



Когерентный генератор Анапико MCSG-ULN. Решение для испытаний радиопеленгационных устройств



Общество с ограниченной ответственностью "Америт"
603087, Россия, Нижний Новгород, Казанское шоссе, д.16, корпус 1;
Тел: (+7-831) 831 257-78-52 (51, 54), факс: (+7-831) 257 78 53
<http://www.amerit.nnov.ru>; e-mail: amerit@c.nnov.ru

Задача пеленгации: определения направление источника радиоизлучения. Радиопеленгатор состоит из **антенной системы** и **радиоприемного устройства**. Антенная системы состоит из нескольких пространственно-разнесенных антенн. Тракт приема и выделения сигналов из помех проектируется многоканальным для определения угловых координат.

Существует несколько методов определения угловых координат, но наиболее распространены следующие два метода:

1. Амплитудно-импульсный прием — обработка сигналов через антенную систему с несколькими минимумами и максимумами диаграммы направленности.
2. Фазовый метод — угол прихода луча определяется по относительной разности фазе в приемном тракте (также может называться как метод интерферометрии)

В этой аналитической заметки, мы рассмотрим применение многоканальных аналоговых и векторных генераторов AnaPico MCSG-ULN, RFVSG-X для тестирования многоканальных приемников в составе комплекса радиопеленгации. Последовательно выведем требования к измерительной задаче, подберем несколько решений, составим сравнительную таблицу решений AnaPico по функционалу и рассмотрим преимущества решений на многоканальных генераторах AnaPico.

Принцип действия радиопеленгатора и измерительная задача

Фазовые радиопеленгаторы извлекают информацию от направления на цель извлекается из фазовых соотношений сигналов, принятых в разных точках пространства. Как показано на рисунке 1. Расстояние между приемными антеннами называются базой.

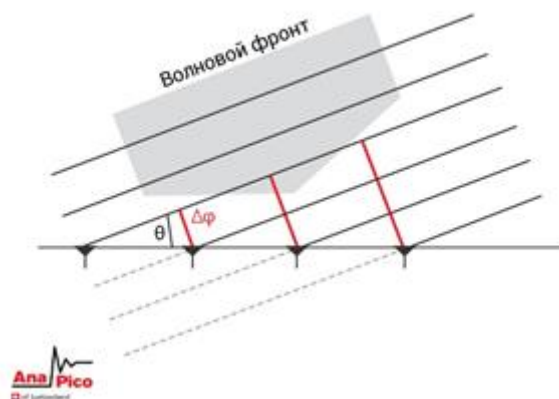


Рисунок 1: Волновой фронт принимаемый группой антенн

На практике при определении одной угловой координаты используются две антенны, две приему двух угловых координат используется 4 антенны. Для обзора на 360 градусов может потребоваться несколько 16 антенн.

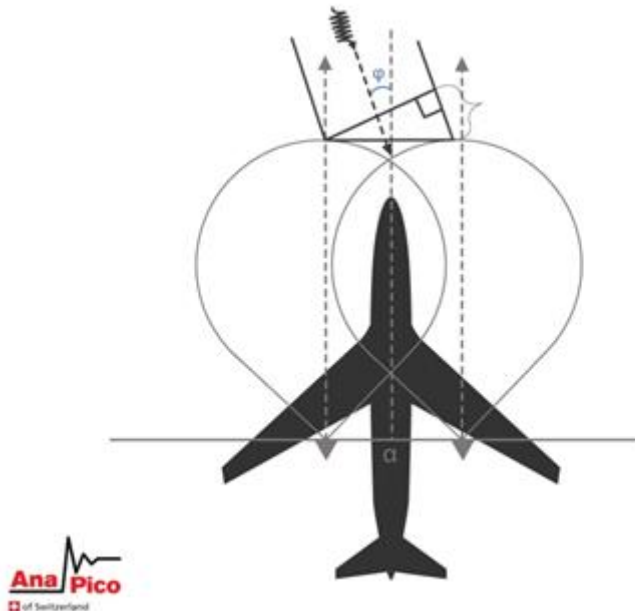


Рисунок 2: Практическое применение радиопеленгаторов

Информацию об угле прихода цели (например азимуте) можно получить, измерив разность фаз между каналами радиоприемника, как это условно изображено на рисунке 3.

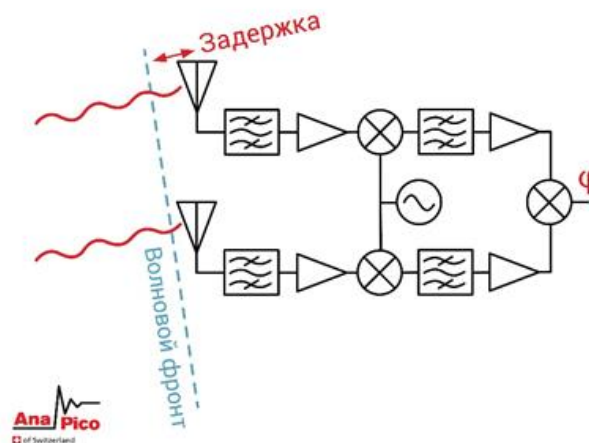


Рисунок 3: Процесс симуляции радиоизмерительных приемников фазового радиопеленгатора.

Таким образом многоканальная генерация фазово-когерентных сигналов позволит решить задачу тестирования фазовых радиопеленаторов.

Сформировав представление об измерительную задачу, переходим к требованиям к генераторам сигналов.

Технические требования к генераторам для задач тестирования многоканальных приемников

1. Межканальная когерентность между каналами генераторов точностью менее чем 1 градус.

Почему это важно?

Пользователь подает сигнал с многоканального СВЧ генератора на многоканальный приемник, каждый канал приема соответствует каналу генератора. Измерительная задача требует подачи сигналов в многоканальной режиме с определенной разностью фаз, поэтому значения фазы на каждом канале программируются пользователем с разрешением менее 1 градус и данные значения фазы должны быть стабильны в течение суток или как этого требует ТУ.

2. Количество каналов должно легко масштабироваться в зависимости от количества портов испытываемого устройства.

Почему это важно?

В зависимости от количества приемных портов испытываемого устройства требуется соответствующие число каналов генератора, возможность масштабирования позволяет тестировать не только 4-х канальные устройства, но и проводить измерения параллельно нескольких DUT.

Чтобы исключить влияние внутреннего гетеродина допускается использовать каналы генераторов АнаРисо вместо сигналов гетеродина. Тогда на один приемник для одной пространственной координаты потребует 4 канала, для двух пространственных координат потребуется 8 каналов.

3. Качественный уровень сигналов, низкий фазовый шум, высокая мощность и быстрая перестройка частоты.

Почему это важно?

Кратковременная стабильность частоты, выраженная через фазовый шум, влияет на точность фазовых соотношений, нероманические искажения крайне нежелательный по той же причине.

Тестируемые устройства могут быть разнесены в пространстве, а для сигнала гетеродина необходима высокая мощность.

Высокая скорость перестройки частоты позволяет моделировать больше сценариев за один и тот же промежуток времени.

4. Фазово-когерентная перестройка частоты

Фазово-когерентная перестройка частоты, это возможность программирования фазы сигнала в каждой точке сетки частот при частотном свипировании.

Почему это важно?

Пользователь один раз запрограммировав сценарий диапазона частот и фазового распределение на каждом канале генератора, может тестировать симулировать радиопеленгационные приемники в циклическом режиме, без калибровок и дополнительных настроек.

5. Небольшой размер измерительной стойки, серийное оборудование в Госреестре СИ.

Решение от AnaPico на базе аналоговых многоканальных генераторов серии MCSG

Серия многоканальных генераторов сигналов [MCSG-ULN](#) предлагает до 4 источников сигналов с фазовой когерентностью, сверхбыстрой перестройкой частоты и очень низким уровнем фазового шума в одном устройстве.

Описание типа: [загрузить](#)

Диапазон частот от 300 кГц до 6, 12, 20, 33 или 40 ГГц. Выходная мощность колеблется от -80 дБм до +25 дБм. Каналы можно независимо программировать по частоте, фазе и амплитуде. Возможность импульсной модуляции включена во все блоки, а возможность амплитудной, частотной и фазовой модуляции может быть добавлена дополнительно.

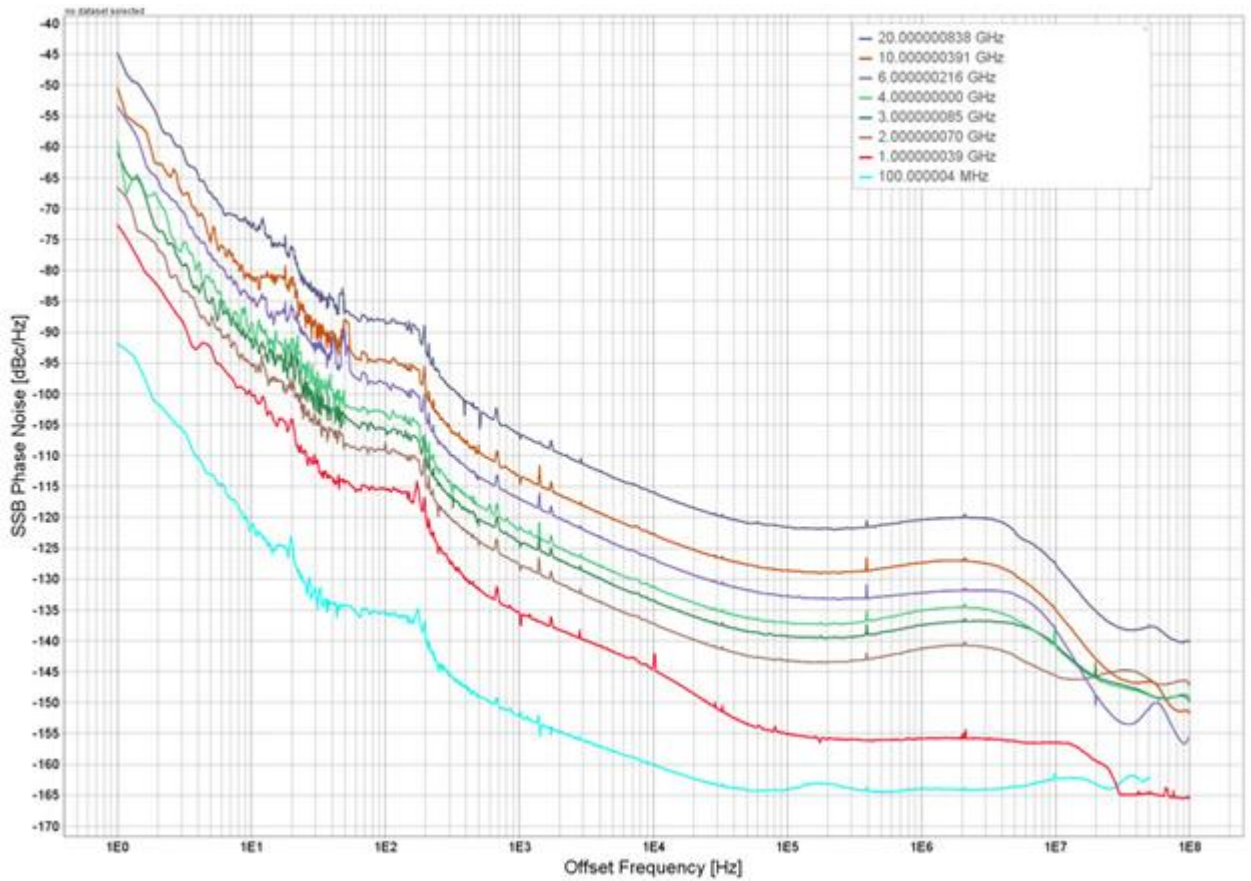


Рисунок 4: Фазовый шум многоканального генератора MCSG-ULN

Превосходный фазовый шум сочетается с хорошим подавлением паразитных и гармонических составляющих, а также с опцией FS со скоростью переключения 25 мкс. Высокостабильный опорный генератор ОСХО обеспечивает превосходную точность и стабильность частоты.

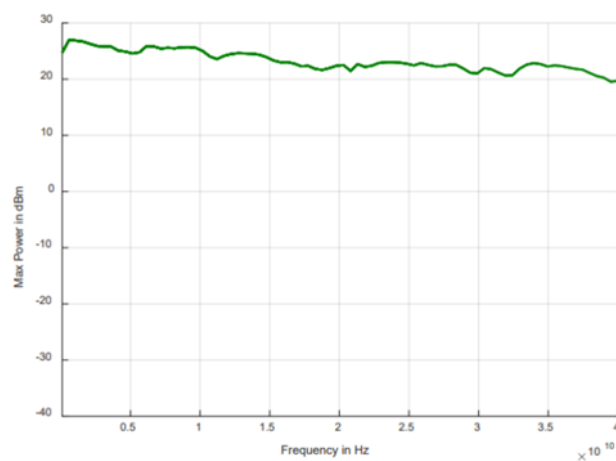
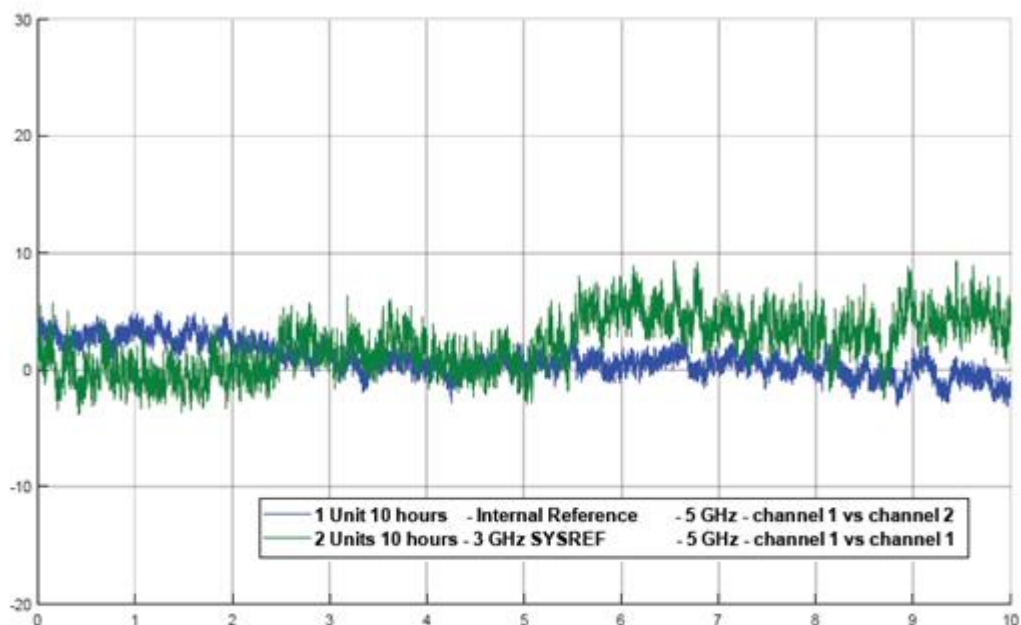


Рисунок 5: Уровень максимальной мощности генератор MCSG-ULN

Уникальная опция фазового когерентного переключения добавляет следующие функции:

- Фазово-когерентное переключение — фазовое соотношение между двумя каналами детерминировано на всей сети частот.
- Фазовая память — после того, как канал переключается на предыдущую частоту, он ведет себя так, как если бы он постоянно работал на этой частоте.
- Генераторы сигналов AnaPico серии MCSG6, MCSG12, MCSG20, MCSG40 обладают образцово-показательными характеристиками в классе по межканальной фазовой когерентности сигналов.



MCSG межканальная стабильность фазы 5 ГГц.
Между каналами генератора (Синий)
Между генераторами (зеленый)

Видео о фазово-когерентной перестройки частоты: <https://youtu.be/l-pvx8xx4uU>

Построение многоканальных систем различается от количества каналов, кроме того, стоит учитывать потребуется ли в будущем расширить необходимое число каналов. У большинства способов построение фазово-когерентной системы есть ограничения если в системе более 4-х каналов. Природа ограничений различна для каждого из способа, поэтому для удобства восприятия представим результаты в виде таблицы.

Таблица 1: Сравнение методов фазово-когерентных систем возможности к масштабированию.

Метод	Общий опорный генератор 10, 100, 1 ГГц	Общий Гетеродин LO	Прямой цифровой синтез	Многоканальные генераторы АнаРісо
Когерентность для 2-х каналов	10-30°	1-3°	Менее 1°	3 мрад (0.2°)
Когерентность 4-х и более каналов	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	5 мрад (0.28°)
Ограничения	Некоррелированный фазовый шум Долговременная нестабильность	Мощность сигнала LO Большая электрическая длина пути сигнала LO Ограничения Baseband генератора	Требуется высокоточный опорный сигнал для тактового DDS.	Ограничения сведены к минимуму достаточно синхронизации через опорный сигнал в 3 ГГц.
Реализация	Легко	Сложно	Средне, сложно для более 8-каналов	Легко

Решения АнаРісо обладают возможность масштабировать систему для бесконечного числа каналов, при этом производитель нормирует межканальную стабильность фазы, в отличии от других методов, где межканальная нестабильность не нормируется, так как требуются уточняющие условия по частоте, мощности, количеству каналов, качеству кабелей и внешних условий.

Межканальная стабильность фазы между соседними генераторами АнаРісо MСSG 5 мрад, дополнительных устройств не требуется, в качестве синхросигнала используются внутренний опорный сигнал 3 ГГц.

АнаРісо MСSGXX поставляется в стандартной 19-дюймовой 1U (до 4-х каналов) форме для монтажа в стойку и предлагает различные управляющие интерфейсы, такие как USB, LAN или GPIB. Каждый интерфейс позволяет легко и быстро общаться с помощью команд SCPI 1999. Дистанционное управление прибором может быть быстро достигнуто с любой хост-системы.

Программный интерфейс (API) или примеры программирования для Matlab, Labview, C ++ и других делают реализацию управления очень простой и быстрой.

Наличие опции PHS позволяет реализовать фазово-согласованный выход, это значит, что при одинаковых частотах разность фаз на канале будет нулевая, приборы не требуют калибровки все что нужно ввести поправочное значение начальной фазы с учетом длины кабеля.

Процесс измерения

Используя фазово-когерентный генератор сигналов AnaPico MCSG-ULN, пользователь подает сигналы с программируемой разность фаз, точность установки межканальной разности фазы 3 мрад между каналами. Для измерения двух угловых координат задействуются 4 канала приёмника, используя опцию фазово-когерентной перестройки частоты пользователь программирует синхронное свипирования четырех каналов с фазовым соотношением в соответствии со сценарием движения цели. Поправочные значения начальной фазы с учетом длины кабеля вводятся один раз и будут действительны даже после выключения и включения генератора. Функциональная схема тестирования радиопеленгатора представлена на рисунке 7.

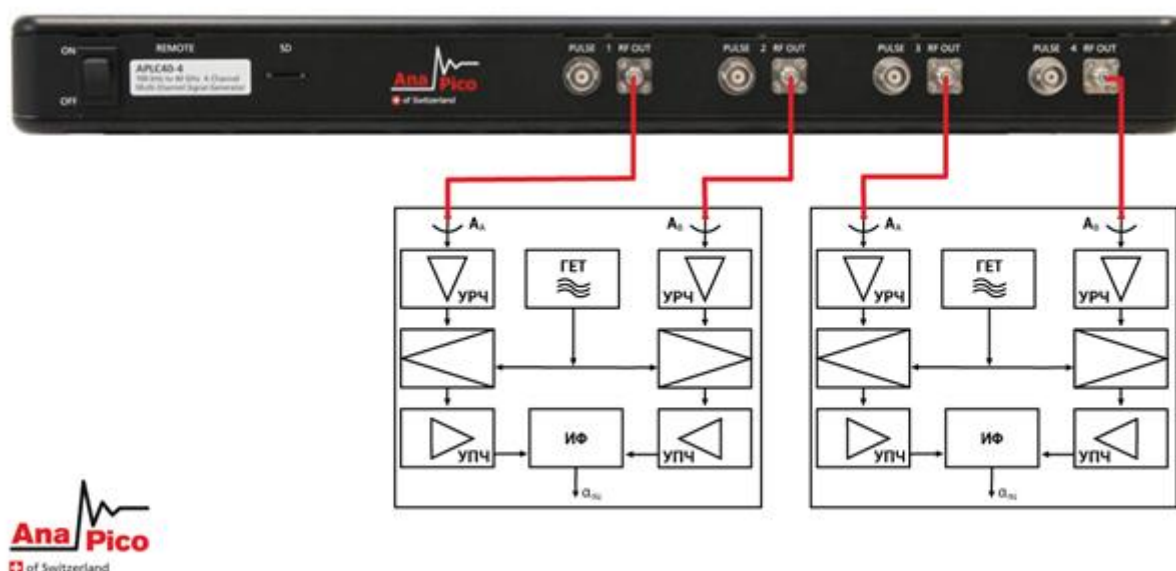


Рисунок 7. Функциональная схема тестирования радиопеленгаторов фазового типа

Таким образом пользователь работает с готовым когерентным многоканальным решение, **не требующим** механической работы по синхронизации нескольких генераторов, установки синхронизации в ПО и длительной калибровкой. Все что нужно пользователю устанавливать начальную фазу, частоту, мощность на каждом канале, используя графический интерфейс пользователя или команды SCPI. Удобство работы сочетается с отличной фазовой согласованностью 3 мрад (0.17 градуса) на протяжении 24 часов. Скорость перестройки частоты

составляет 25 мкс, поэтому измерения проходят на порядок быстрее чем классические измерения с каскадом синхронизированных генераторов.

В импульсной РЛС используются модулированные сигналы, многоканальные когерентные генераторы MCSG-ULN оснащены встроенной импульсной модуляцией с шириной импульса от 10 нс до 40 ГГц.

В некоторых случаях требуется подать сигнал вместо гетеродина приемника, чтобы отследить работы приемной части без учета влияния гетеродина, например, когда есть сомнения в стабильности фазе гетеродина тестируемого изделия. Решение AnaPico позволяет наращивать бесконечное число когерентных генераторов, синхронизация происходит через выход CLK IN, CLK OUT 3 ГГц, за синхронизировать генераторы можно нажатием одной кнопки, функциональная схема рисунок 8.

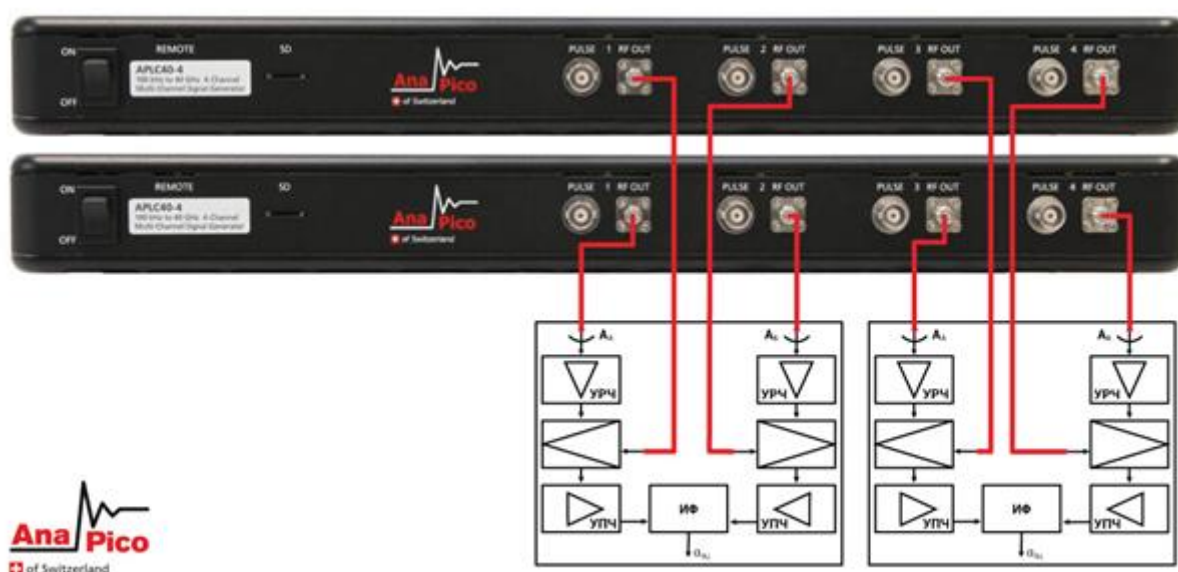


Рисунок 8: Функциональная схема тестирования радиопеленгаторов фазового типа с замещением гетеродина

Даже при разных частота входного сигнала и сигнала гетеродина, это будет два когерентных сигнала, а межканальное синхронное свипирование на разных частотах настраивается автоматически.

Краткие технические характеристики приведены ниже:

AnaPico Многоканальные фазово-когерентные генераторы сигналов серии MCSG6, MCSG12, MCSG20, MCSG33, MCSG40 до 40 ГГц от 4-х и более независимых когерентных каналов.

1. Диапазон рабочих частот от 100 кГц до 6, 12, 20, 33 и 40 ГГц
2. Количество каналов в приборе 2-4 канала, с возможностью объединения модулей для систем в 60 и более каналов
3. Лучшая в классе межканальная фазовая когерентность 3 мрд между каналами и 5 мрд между синхронизованными модулями
4. Высокая выходная мощность во всем диапазоне частот
5. Сверхнизкий фазовый шум генераторов, 1 ГГц -144 дБн/Гц
6. Скорость перестройки частоты 25 мкс во всем диапазоне частот
7. Межканальная изоляция 90 дБ
8. АМ, ЧМ, ФМ, ЛЧМ, ИМ модуляция

Ссылки на другие материалы:

1. Брошюра по многоканальным фазово-когерентным генераторам [MCSG-ULN](#)
2. [Понятие фазовой когерентности](#)
3. [Описание типа MCSG-ULN](#)
4. [Видео о фазово-когерентной перестройке частоты, фазово-согласованном выходе, сигналы с памятью фазы](#)
5. [Синхронное многоканальное свипирование](#)
6. [Видео о синхронизации 3-х генераторов MCSG-ULN](#)
7. [Скорость перестройки частоты](#)
8. [Применение многоканального генератора MCSG-ULN при тестировании АФАР](#)



[Аналоговый генератор
MMSG40-3-ULN, 300 кГц — 40
ГГц, 3 канала](#)

Цена по запросу

[Подробнее](#)



[Аналоговый генератор
MMSG40-4-ULN, 300 кГц — 40
ГГц, 4 канала](#)

Цена по запросу

[Подробнее](#)



[Аналоговый генератор
MMSG40-2-ULN, 300 кГц — 40
ГГц, 2 канала](#)

Цена по запросу

[Подробнее](#)



[Аналоговый генератор
MMSG33-4-ULN, 300 кГц — 33
ГГц, 4 канала](#)

Цена по запросу

[Подробнее](#)



[Аналоговый генератор
MMSG33-2-ULN, 300 кГц — 33
ГГц, 2 канала](#)

Цена по запросу

[Подробнее](#)



[Аналоговый генератор
MMSG20-4, 300 кГц — 20 ГГц,
4 канала](#)

Цена по запросу

[Подробнее](#)



[Аналоговый генератор
MCSG20-2, 300 кГц — 20 ГГц,
2 канала](#)

Цена по запросу

[Подробнее](#)



[Аналоговый генератор
MCSG12-4, 300 кГц — 12.5
ГГц, 4 канала](#)

Цена по запросу

[Подробнее](#)



[Аналоговый генератор
MCSG12-2, 300 кГц — 12.5
ГГц, 2 канала](#)

Цена по запросу

[Подробнее](#)



Общество с ограниченной ответственностью “Америт”
603087, Россия, Нижний Новгород, Казанское шоссе, д.16, корпус 1;
Тел: (+7-831) 831 257-78-52 (51, 54), факс: (+7-831) 257 78 53
<http://www.amerit.nnov.ru>; e-mail: amerit@c.nnov.ru