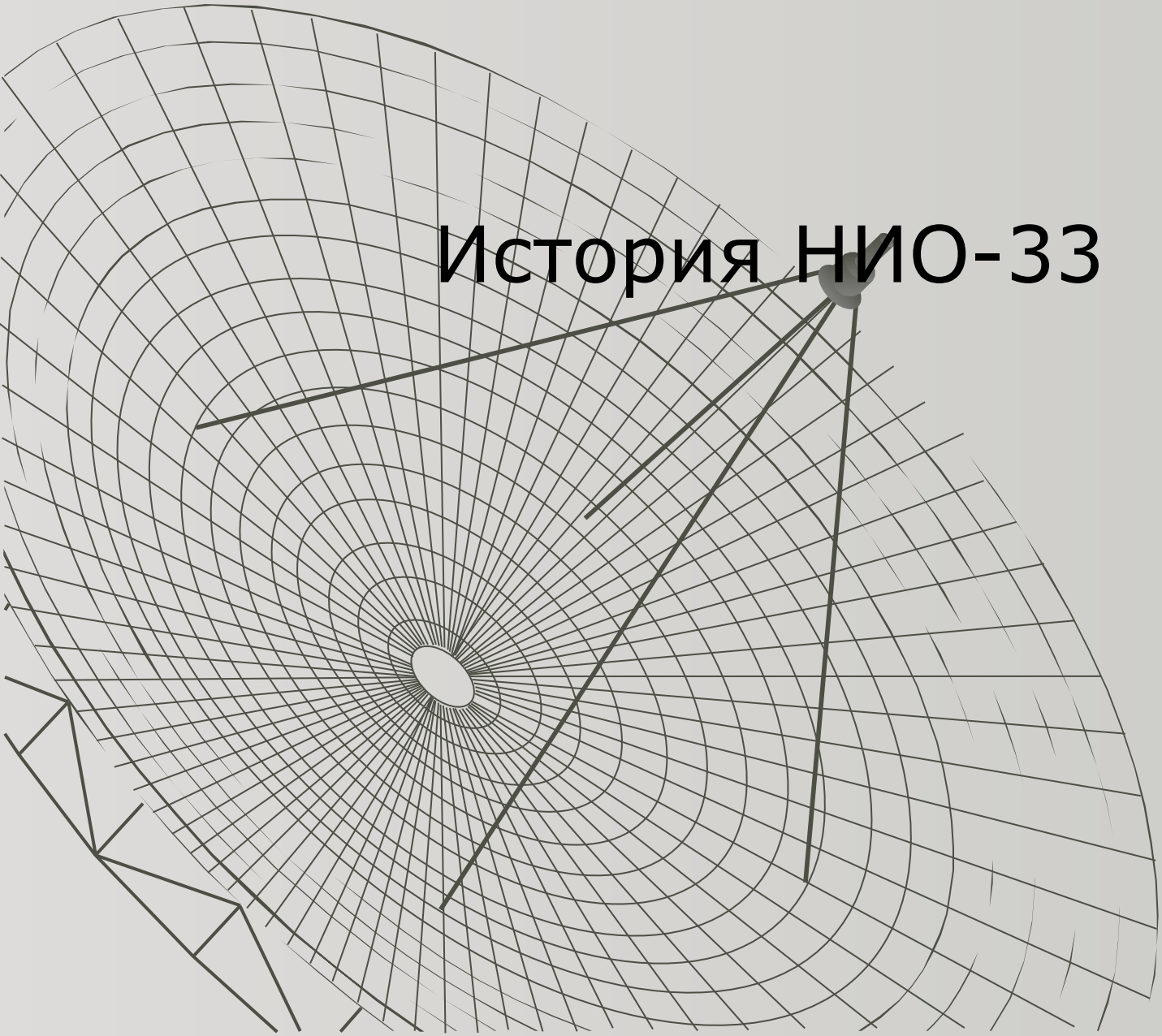
Формирование частот и сигналов

НИО-33 МТУСИ
ООО «Радиокомп»
2011

Содержание

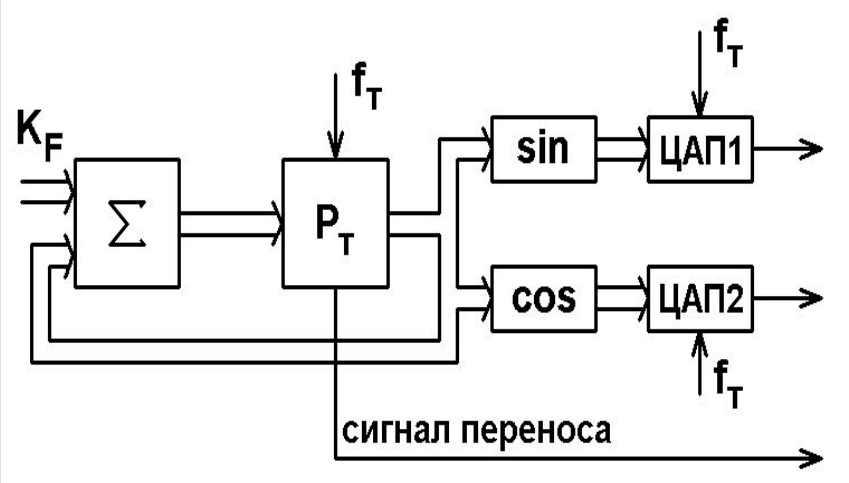
- История НИО-33
- Готовые решения
- Отечественные микросхемы для синтеза сигналов и частот
- Разработка устройств синтеза частот и сигналов на заказ

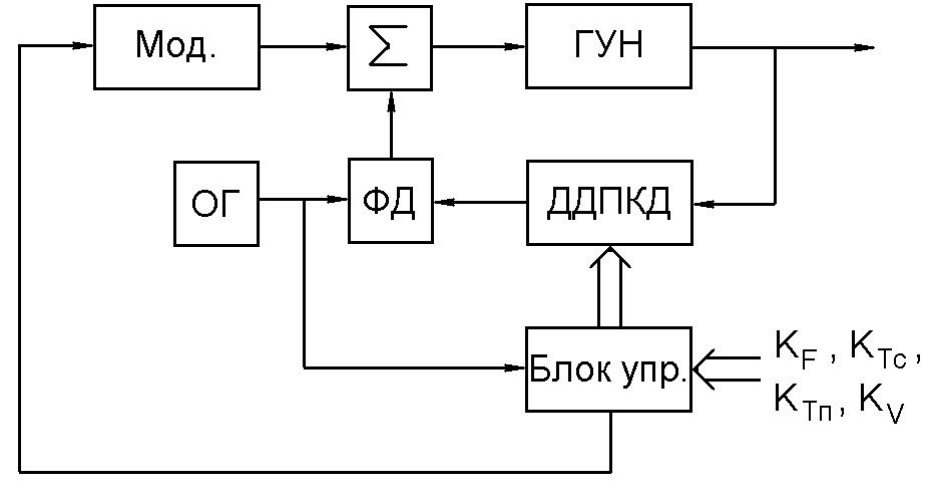
История НИО-33



Отраслевая научно-исследовательская лаборатория НИЛ-33 "Синтезаторы сложных и прецизионных сигналов" (ССПС) была создана в 1982 году тремя предприятиями: МНИИП, РТИ, НИИРП. До 1992 г. подразделение работало в основном по заказам Минрадиопрома.

Основными направлениями деятельности лаборатории являлись: цифровые вычислительные синтезаторы частот и сигналов; синтезаторы частот и сигналов с линейной модуляцией на основе колец ФАПЧ (в том числе с дробным ДПКД); линии задержки с высоким разрешением и цифровым управлением; программное обеспечение управления синтезаторами; оценка параметров и фазовые измерения сигналов; акустоэлектронные анализаторы спектра на дисперсионных линиях задержки.





Сотрудниками лаборатории было получено более 50 свидетельств на изобретения, опубликованы 2 монографии и большое число статей по вопросам исследования и разработки устройств формирования прецизионных высокочастотных сигналов для систем радиолокации, связи, навигации, ионосферного зондирования и измерительных комплексов. В 2010 году лаборатория преобразована в отдел НИО-33 «Формирование и обработка сигналов для радиолокационных и связных применений»

Характеристики разработанных синтезаторов ЧМ сигналов (на отечественной элементной базе)

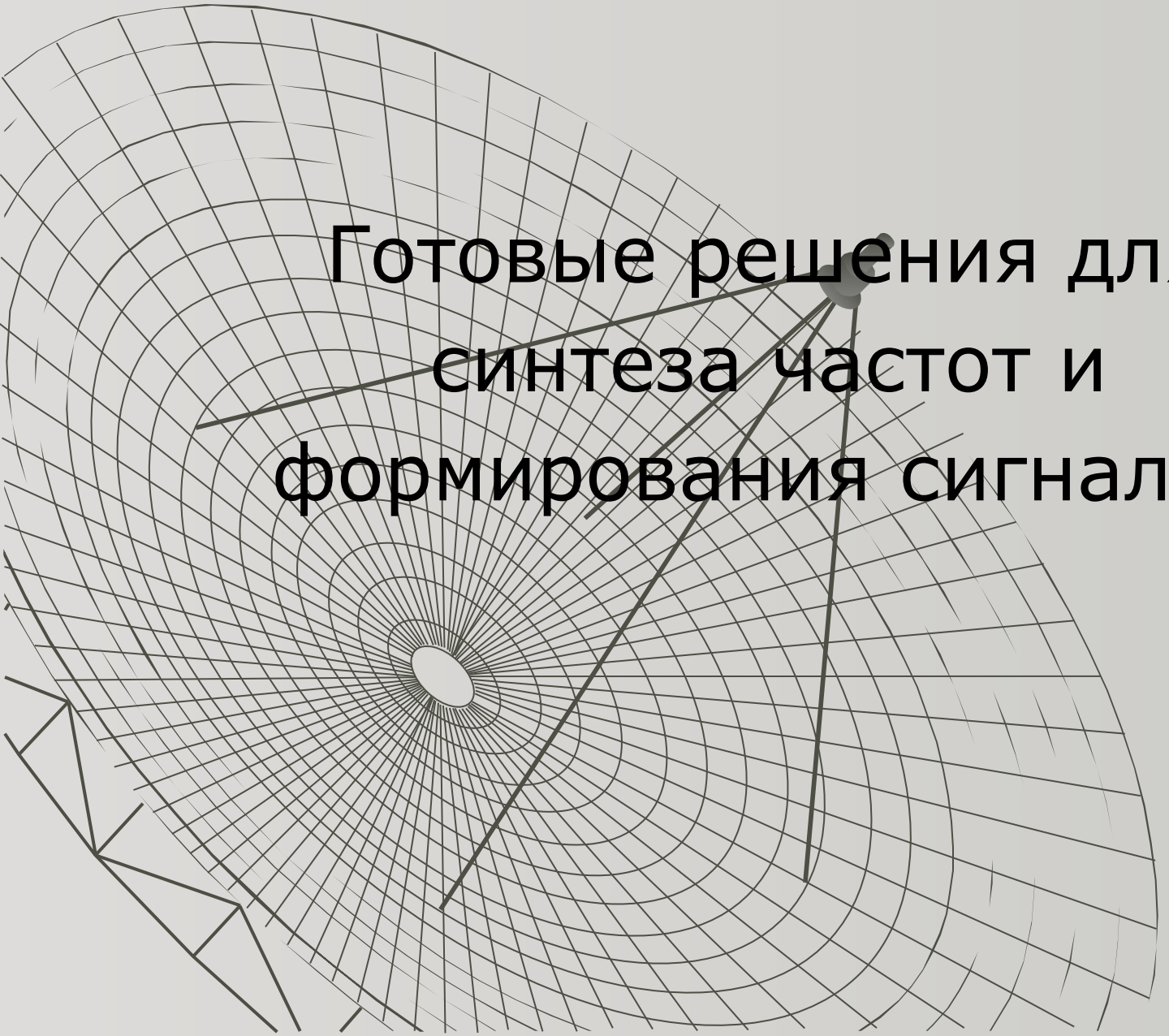
Вид синтезируемого сигнала	Тип синтезатора	Fтакт, МГц	Диапазон частот, МГц	Длит. сигнала, не более, мкс
ЛЧМ	ЦВС с КМ	5	14…16	100
НЧМ	ЦВС	100	0…25	20
НЧМ, ЛЧМ	ЦВС с КО	25	26…34	16
ЛЧМ	ДЦВС	60	15…30	100
ЛЧМ	ЦВС с КО	75	79…80	100
ЛЧМ	ЦВС с КО	24	29…31	20
ЛЧМ	ЦВС с КО	40	85…115	500
ПЧМ 3-й степени	ЦВС с КО	20	13…17	36×10^9
ЛЧМ	ЦВС+ФАПЧ	120	78±0,006	10000
ЛЧМ	ЦВС с КМ	7,5	77,7…78,3	100
ЛЧМ	КВС	5	16…22	5..60
ЛЧМ	КВС	5	90…115	100
ЛЧМ	КВС	10	100…160	5…25
ЛЧМ	КВС	5	4…160	5…200
ЛЧМ	КВС	1,25	41…74	$> 3\times10^7$
ЛЧМ	КВС	20	$F_0\pm60$	5…1000
ЛЧМ	КВС	20	$F_0\pm175$	5…1000

ЛЧМ — линейная ЧМ; НЧМ — нелинейная ЧМ; ПЧМ — полиномальная ЧМ; ЦВС — цифровой вычислительный синтезатор; КВС комбинированный вычислительный синтезатор; ЦВС с КО — ЦВС с коммутацией отсчетов; ЦВС с КМ — ЦВС с квадратурным модулятором; ДЦВС — двухуровневый ЦВС.

Характеристики разработанных синтезаторов ЧМ сигналов (на импортной элементной базе)

Вид синтезируемого сигнала	Тип синтезатора	Fтакт, МГц	Диапазон частот, МГц	Длит. сигнала, не более, мкс
ЛЧМ	ЦВС с КП	256	370…450	50…10^6
ЛЧМ	ЦВС	1000	0…300	5…500

ЛЧМ — линейная ЧМ;
ЦВС — цифровой вычислительный синтезатор;
ЦВС с КП — ЦВС с квадратурным переносом.



Готовые решения для синтеза частот и формирования сигналов

Универсальный двухканальный генератор Г4-РК2/150

- Два независимых канала на основе цифровых вычислительных синтезаторов;
- Диапазон частот: 0,1—150 МГц;
- Модуляция аналоговая: АМ, ЧМ, ФМ;
- Модуляция цифровая: BPSK, BFSK, QPSK, QFSK;
- Режим формирования ЛЧМ сигнала;
- Малые габариты и энергопотребление;
- Питание по шине USB.

Универсальный двухканальный генератор Г4-РК2/150

Основные характеристики:

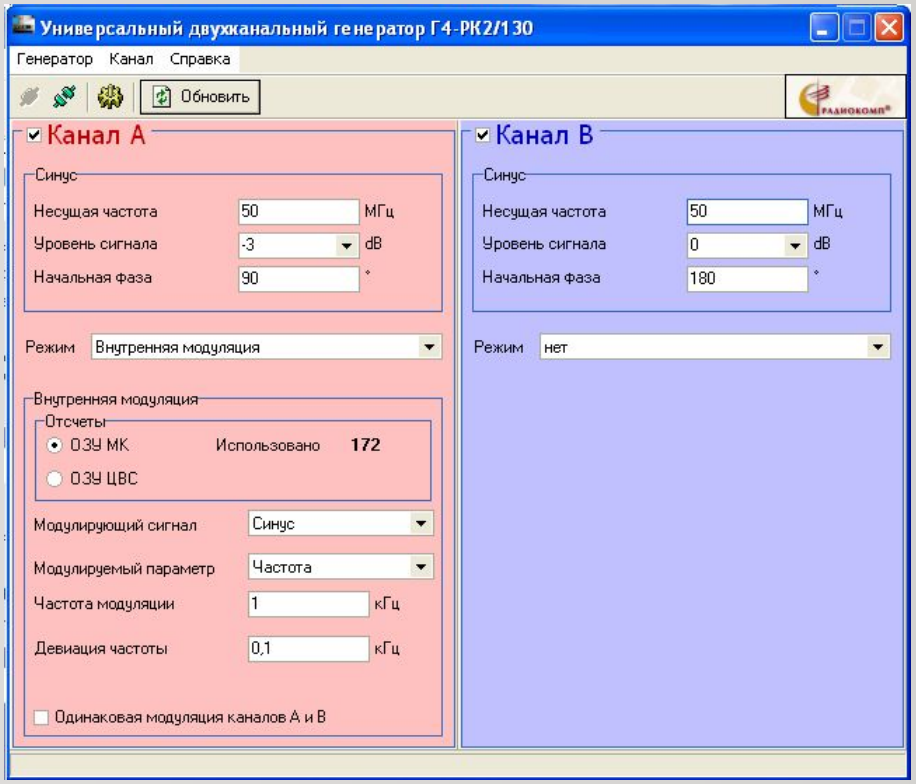
- Внутренняя модуляция и модуляция с внешних входов

Два типа внутренней модуляции:

- Из ОЗУ микроконтроллера:
  максимум 4096 точек на период;
  время на перезапись одного отсчета >1,5 мкс.
- Из ОЗУ ЦВС:
  максимум 1024 точки на период;
  время на перезапись одного отсчета 10 нс — 650 мкс.

Универсальный двухканальный генератор Г4-РК2/150

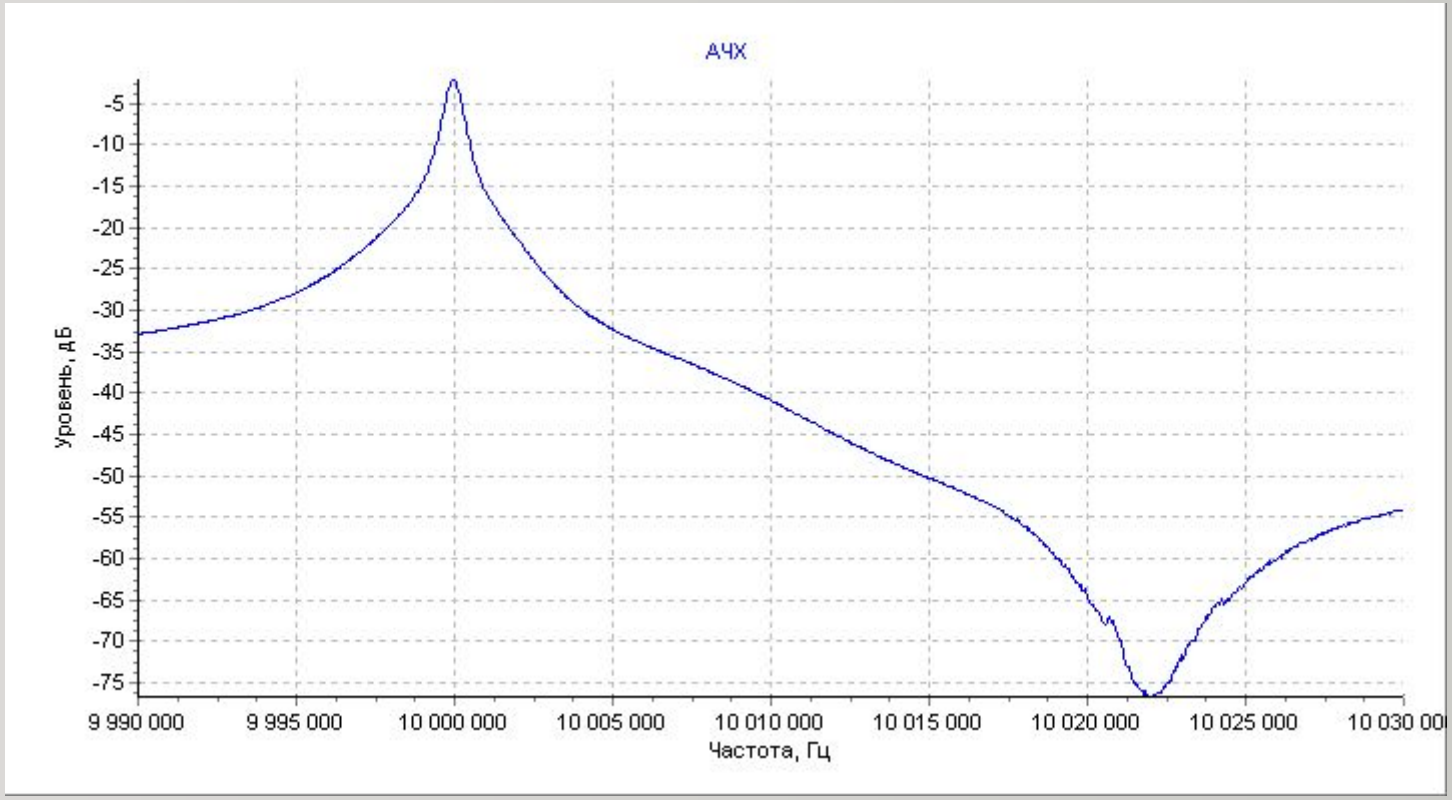
Установка всех параметров сигнала с помощью ПО для ПЭВМ



Дополнительные опции:

- Высокостабильный опорный генератор с возможностью синхронизации от внешнего источника 5 или 10 МГц;
- Работа от внешнего источника опорной частоты;
- Измерение АЧХ и ФЧХ.

Универсальный двухканальный генератор Г4-РК2/150-АФ



АЧХ кварцевого резонатора на 10 МГц

Синтезатор частот на основе кольца ФАПЧ с целочисленными коэффициентами

- диапазон частот: **10 МГц-6 ГГц** (по диапазонам);
- уровень выходного сигнала: **не менее +10 dBm**;
- внешний источник опорной частоты: 1-150 МГц;
- напряжение питания: +12 В;
- потребляемый ток: 150 мА;
- рабочий диапазон температур: –40…+80 °С;
- габаритные размеры: 64×50×27 мм.

Основные параметры синтезатора на основе кольца ФАПЧ с целочисленными коэффициентами:

- диапазон частот: не более октавы;
- шаг по частоте: 50 кГц … 10 МГц;
- время переключения: 20 мкс … 2 мс;
- уровень паразитных составляющих: –70 дБ;
- фазовый шум: –80… –105 дБн/Гц@10 кГц на 1 ГГц.

Синтезатор частот на основе кольца ФАПЧ с дробными коэффициентами

Достижим герцовый и субгерцовый шаг, однако при частотах синтеза близких к кратным ½ частоты сравнения увеличивается уровень паразитных составляющих в спектре сигнала.

Основные параметры синтезатора на основе кольца ФАПЧ с дробными коэффициентами:

- диапазон частот: не более октавы;
- шаг по частоте: <единиц Гц;
- время переключения: десятки мкс;
- уровень паразитных составляющих: -60..-50 дБ;
- фазовый шум:-90…-100 дБн/Гц@10 кГц на 1 ГГц.

Для уменьшения уровня паразитных составляющих в дробном синтезаторе возможно применять двухпетлевую схему и обходить «опасные» частоты программно

Синтезатор частот на основе цифрового вычислительного синтезатора

- Диапазон частот: 0.5-300 МГц;
- Максимальная выходная мощность: +15 дБм;
- Шаг перестройки по частоте: $2{,}6*10^{-6}$ Гц;
- Время переключения выходной частоты:
  не более 30 мкс (после получения команды);
- Уровень паразитных гармонических составляющих в спектре выходного сигнала:
  в узкой полосе (±1 МГц), не более - 70 дБн;
  в широкой полосе, не более - 45 дБн;
- Вход внешней опорной частоты 5-100 МГц, минимальный уровень 0,2 Вэфф;

Отдельный потенциальный вход «ON / OFF» включения/выключения выходного сигнала;
Выход сигнала контроля функционирования «READY» со светодиодной индикацией;
Интерфейс управления: двунаправленный SPI в полнодуплексном режиме работы;
Напряжения питания: +(5 ± 0,5) В, ток потребления не более 0,35 А,
+(12 ± 1,2) В, ток потребления не более 0,15 А;
Габаритные размеры: 112 х 57 х 21 мм, герметичное исполнение;
Масса: 230±10 г.

Разработано программное обеспечение для управления синтезаторами от ПЭВМ через порт LPT

Синтезатор частот с высоким разрешением по частоте на основе кольца ФАПЧ

- Диапазон частот: 100-4000 МГц* (по диапазонам);
- Уровень выходной мощности: не менее +13 дБм;
- Шаг перестройки по частоте: 1 Гц и более*;
- Время установления частоты: не более 3 мс*;
- Уровень паразитных гармонических составляющих в спектре выходного сигнала: не более - 70 дБн;
- Вход внешней опорной частоты 5-250 МГц, минимальный уровень 0,2 Вэфф;

Параметры, обозначенные символом * определяются при заказе.

Отдельный потенциальный вход «ON / OFF» включения/выключения выходного сигнала;
Выход сигнала контроля функционирования «READY» со светодиодной индикацией;
Интерфейс управления: двунаправленный SPI в полнодуплексном режиме работы;
Напряжения питания: +(5 ± 0,5) В, ток потребления не более 0,1 А,
+(12 ± 1,2) В, ток потребления не более 0,25 А;
Габаритные размеры: 112 x 57 x 21 мм, герметичное исполнение;
Масса: 230±10 г.

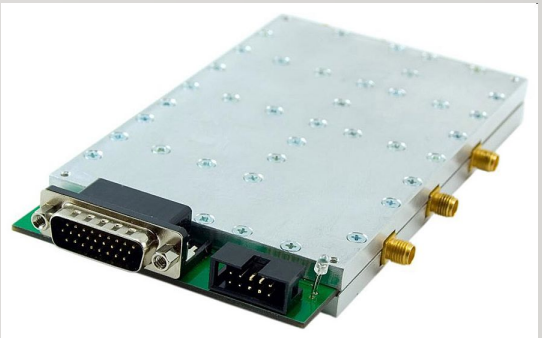
Разработано программное обеспечение для управления синтезаторами от ПЭВМ через порт LPT

Аттенюатор СВЧ сигналов

Управление ручное или по шине USB;
Цифровая индикация затухания;
Встроенный аккумулятор;
Малые габариты и энергопотребление.

Диапазон частот аттенюатора, МГц	20-6000
Диапазон регулировки затухания, дБ	0,5-63
Дискретность вносимого затухания, дБ	0,5
Собственное затухание, дБ	4
Тип входных соединителей	SMA
Габаритные размеры, мм	88 x 75 x 26

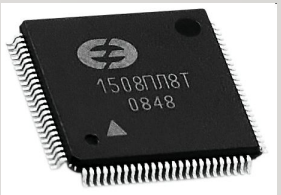
Синтезатор сверхширокополосных ЛЧМ сигналов



- Диапазон частот (по диапазонам): 400-6000 МГц
- Разрешение по частоте: ~$3*10^{-6}$ Гц;
- Девиация ЛЧМ: до 500 МГц;
- Скорость перестройки ЛЧМ: до 50000 ГГц/с;
- Разрешение по скорости перестройки ЛЧМ: 600 Гц/с;
- Длительность импульса ЛЧМ: 10 мкс…10^6 с;
- Точность установки длительности импульса: 10 нс;
- Максимальная частота повторения импульсов: 50 кГц;
- Амплитудная неравномерность в полосе: <±2 дБ (опционально <±1 дБ, <±0.5 дБ);
- Среднеквадратичная фазовая ошибка: ±10° (опционально ±2.5°, ±0.5°).

Отечественные микросхемы для синтеза сигналов и частот

Цифровой вычислительный синтезатор 1508ПЛ8Т



Превосходит по параметрам ЦВС фирмы Analog Devices

Приемка «5»

Основные характеристики:

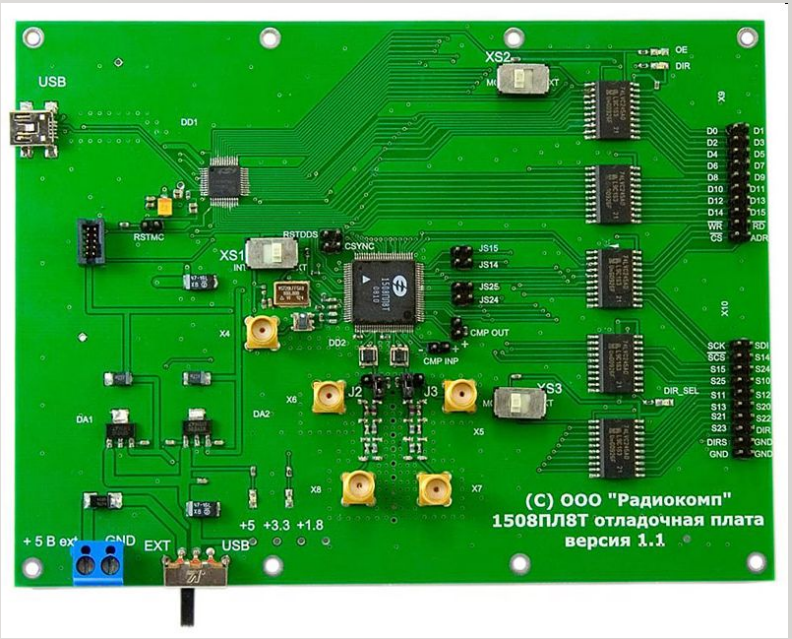
- два полностью независимых канала цифрового синтеза;
- возможность совместного использования каналов для синтеза квадратурных сигналов;
- скорость модуляции до 13 млн. символов/сек. в каждом канале;
- интерфейсы управления: последовательный SPI, 16 разрядный параллельный порт, линк-порт;

Каждый канал содержит:

- встроенный 10 бит ЦАП с частотой дискретизации до 1000 МГц;
- 64 профиля модуляции сигнала;
- 48-разрядные аккумуляторы частоты и фазы;
- встроенный 48-разрядный таймер;
- 16-разрядный регистр управления смещением фазы;
- 12-разрядный амплитудный модулятор;
- 12-разрядный регистр управления постоянным смещением выходного сигнала;
- возможность гауссовой фильтрации параметров модуляции;

Напряжение питания 3,3 В ±5% и 1,8 ±5%; корпус LQFP-100.
Потребляемая мощность <700 мВт.

Отладочная плата для цифрового вычислительного синтезатора 1508ПЛ8Т



- подключение к ПЭВМ по интерфейсу USB;
- формирование немодулированных сигналов, сигналов с амплитудной, частотной, фазовой, амплитудно-фазовой, линейной частотной модуляцией;
- простое подключение устройства пользователя для управления микросхемой цифрового вычислительного синтезатора;
- программное обеспечение с возможностью доступа к значениям регистров;
- опционально: высокостабильный тактовый генератор.

ФАПЧ с целочисленным и дробным коэффициентами деления 1508ПЛ9Т

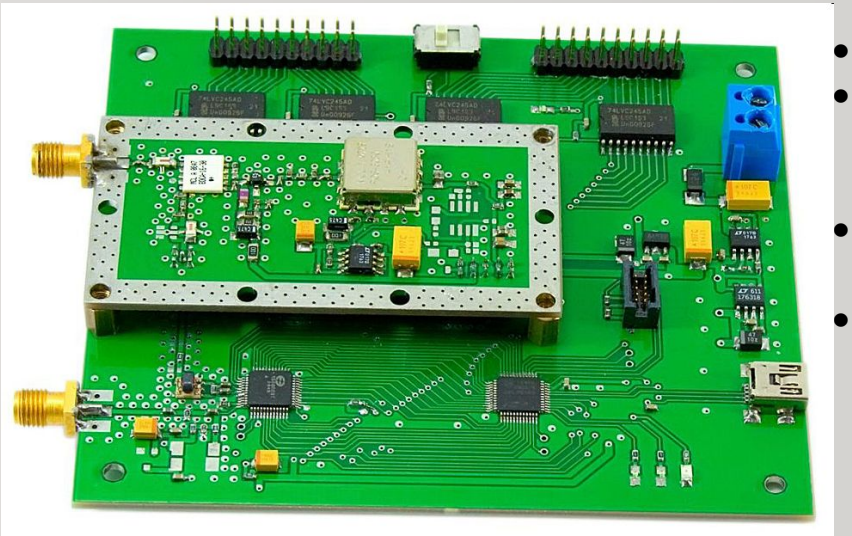
Основные характеристики:

- целочисленный и дробный коэффициенты деления
- устройство рандомизации помех дробности;
- коэффициенты деления предделителя 4/5, 8/9, 16/17, 32/33;
- последовательный (SPI) интерфейс управления;
- возможность управления коэффициентами деления по параллельной шине;
- входная частота до 3 ГГц;
- опорная частота до 250 МГц;
- частота работы фазового детектора до 100 МГц;

Напряжение питания 3,3 В ±5% и 1,8 ±5%; корпус LQFP-48

Приемка «5»

Отладочная плата для микросхемы ФАПЧ 1508ПЛ9Т



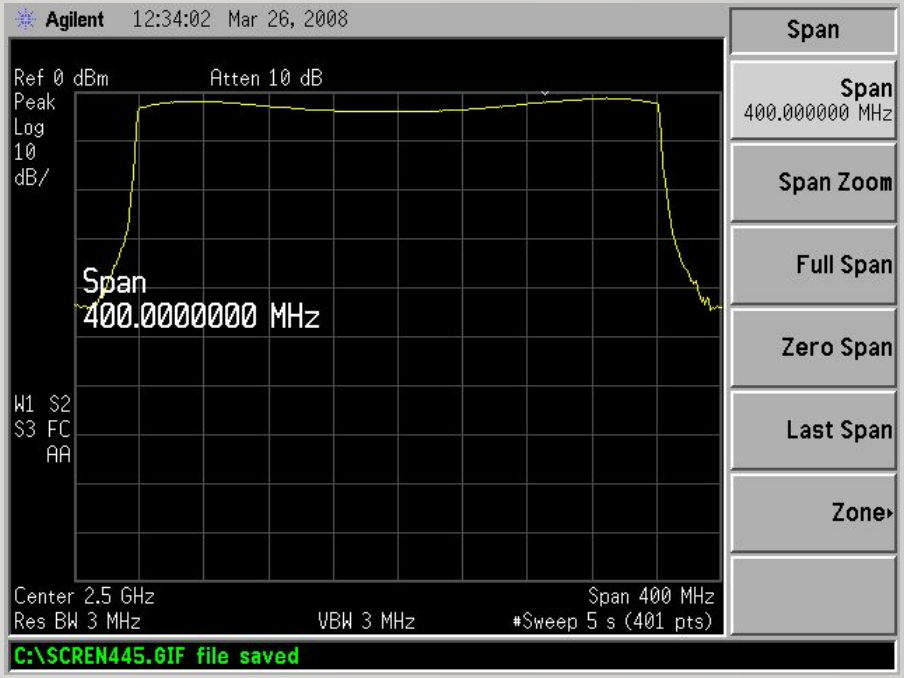
- подключение к ПЭВМ по интерфейсу USB;
- модульная конструкция, обеспечивающая использование любых генераторов, управляемых напряжением и фильтров;
- простое подключение устройства пользователя для управления микросхемой 1508ПЛ9Т;
- опционально: встроенный источник опорной частоты.

Разработка устройств синтеза частот и сигналов на заказ

Разработка устройств синтеза частот и сигналов на заказ

Современные тенденции

Увеличение полосы ЛЧМ

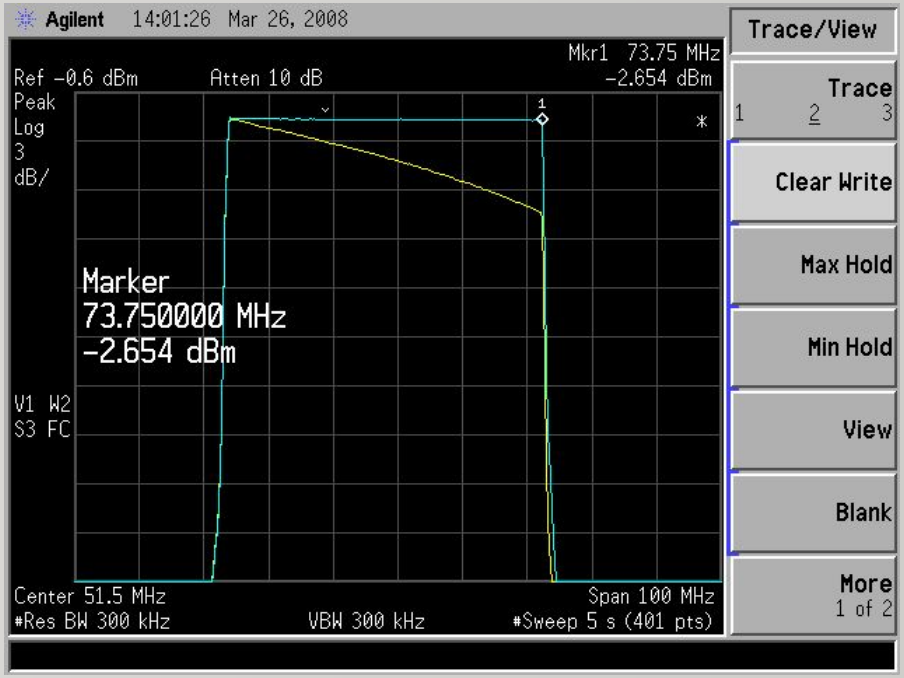


Микросхема 1508ПЛ8Т позволяет формировать ЛЧМ сигнал с полосой до 400 МГц, а при использовании квадратурного переноса — до 800 МГц

Разработка устройств синтеза частот и сигналов на заказ

Современные тенденции

Использование профилей для коррекции амплитуды, фазы и постоянного смещения в процессе формирования ЛЧМ для снижения уровня паразитных составляющих



Разработка устройств синтеза частот и сигналов на заказ

Современные тенденции

Цифровые активные фазированные антенные решетки

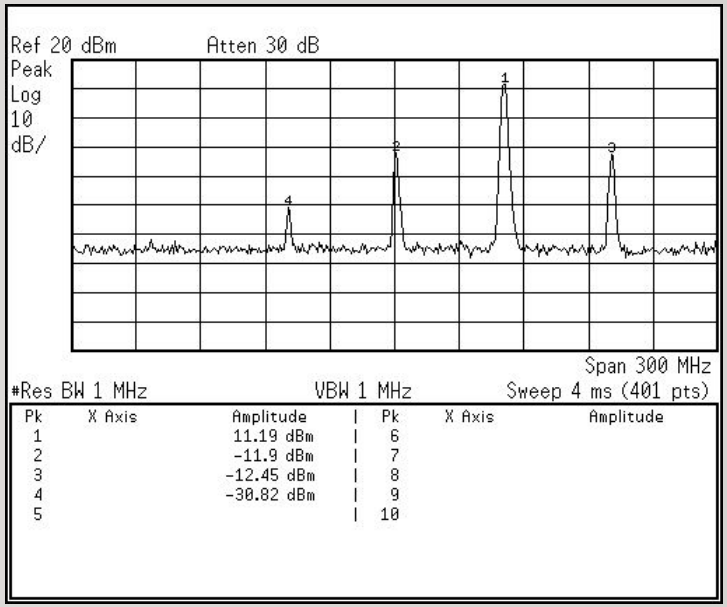
В последнее время в зарубежной печати все чаще появляются сообщения о разработке следующего поколения фазированных антенных решеток – цифровых активных фазированных антенных решеток (ЦАФАР). Основное их отличие заключается в наличии цифро-аналогового и аналогово-цифрового преобразователя непосредственно в ячейке АФАР. Такая конструкция позволяет значительно уменьшить габариты и энергопотребление передающего модуля, увеличить точность и дальность обнаружения за счет формирования более узкой диаграммы направленности.

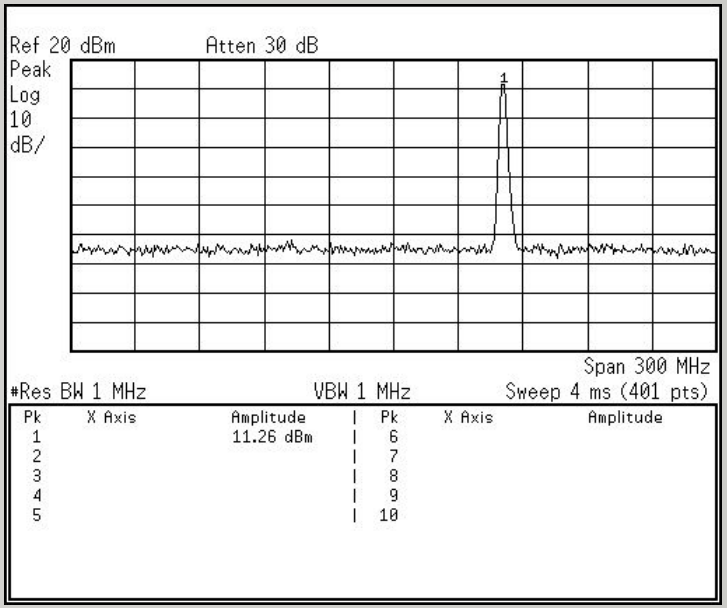
Разработанная НПЦ «Элвис» микросхема цифрового вычислительного синтезатора 1508ПЛ8Т, содержащая в своем составе высокоскоростной цифроаналоговый преобразователь (10 бит, частота преобразования 800 МГц) совместно с квадратурным модулятором идеально подходит для реализации передающей ячейки ЦАФАР. В такой ячейке автоматически обеспечивается калибровка квадратурного модулятора, при которой подавление паразитных составляющих достигает -55…-60 дБн, а также становится возможной коррекция искажений, вносимых усилителем мощности. Достигнутый уровень среднеквадратичных фазовых ошибок не превосходит 0.2 градуса в ЛЧМ сигнале с девиацией до 100 МГц. Без проблем решается вопрос и со снижением амплитудных ошибок до ±0.5 дБ и менее. Помимо ЛЧМ сигналов ячейка позволяет формировать любые другие сигналы в полосе до 500 МГц. Фазу выходного сигнала можно устанавливать в диапазоне 0-360 градусов с точностью ~0.02 градуса.

Разработка устройств синтеза частот и сигналов на заказ

Современные тенденции

Цифровые активные фазированные антенные решетки





Спектры сигнала на выходе квадратурного модулятора до калибровки (левый) и после калибровки (правый)

Спасибо за внимание!

НИО-33 МТУСИ
ООО «Радиокомп»
111024, Москва, ул. Авиамоторная д. 8
Тел: (495) 957-77-45, (495) 957-78-39;
Факс: (495) 925-10-64
http://www.radiocomp.net
sales@radiocomp.net
andrew@radiocomp.net

111024, Москва,
Авиамоторная ул., д. 8
Телефон: (495) 925-10-62,
(495) 957-78-39
Факс: (495) 925-10-64
sales@radiocomp.net
www.radiocomp.net
УНИКАЛЬНЫЕ
РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА
РАДИОКОМП®