

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА



РАДИОКОМП®

Синтезаторы частот и сигналов

Кочемасов В.Н., Голубков В.Г.,
Голубков А.В., Черкашин А.А., Янковский Е.В.

ООО «Радиокомп»
Москва

2012

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА

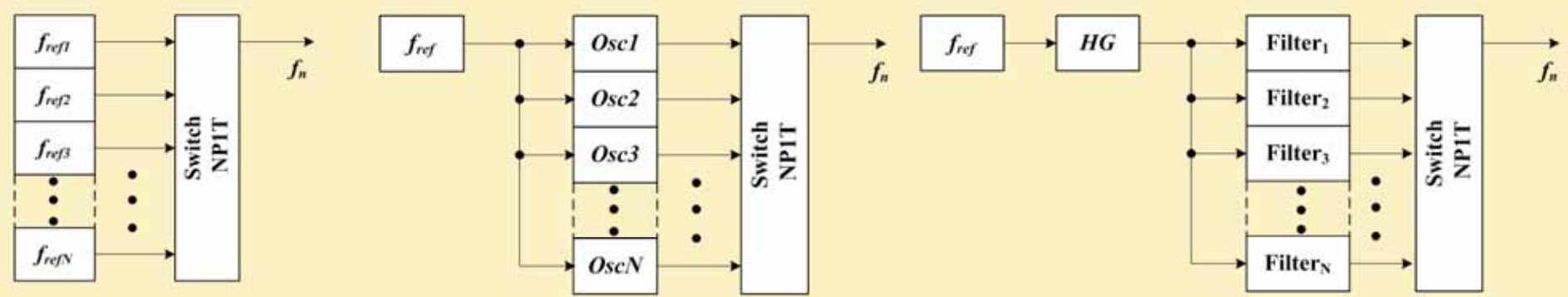


Рис.1. Варианты построения прямых аналоговых синтезаторов

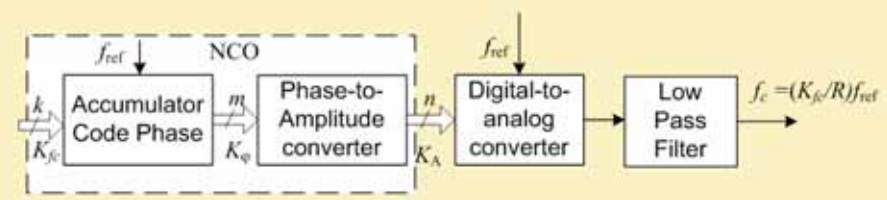


Рис.2. Классическая структура цифрового вычислительного синтезатора

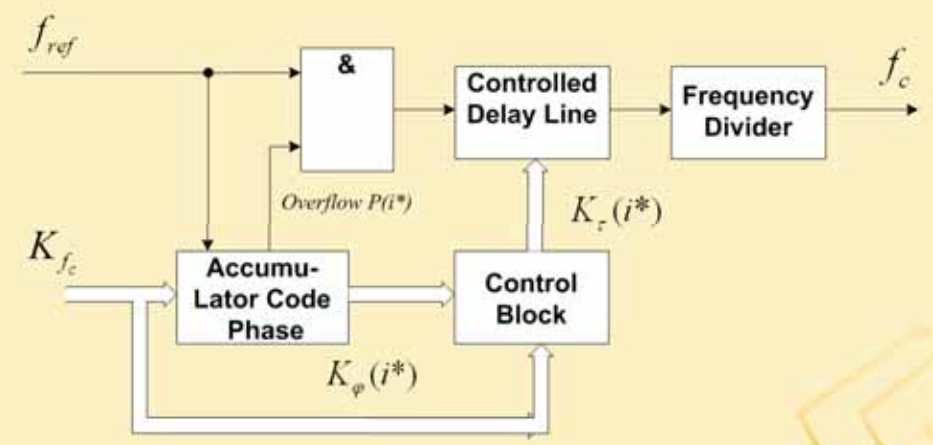


Рис.3. Двухуровневый ЦВС с временной коррекцией импульсов переполнения $P(i^*)$ кодом $K_\tau(i^*) = K_\phi(i^*)/K_{fc}$

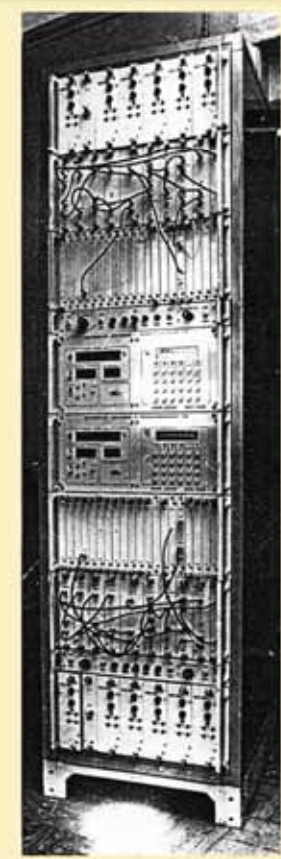
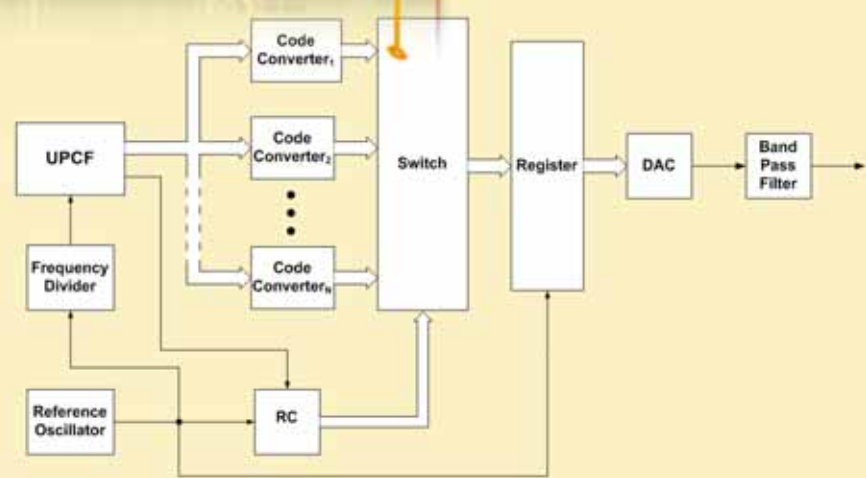


Рис.4. Упрощенная структурная схема DDS с коммутацией отчетов

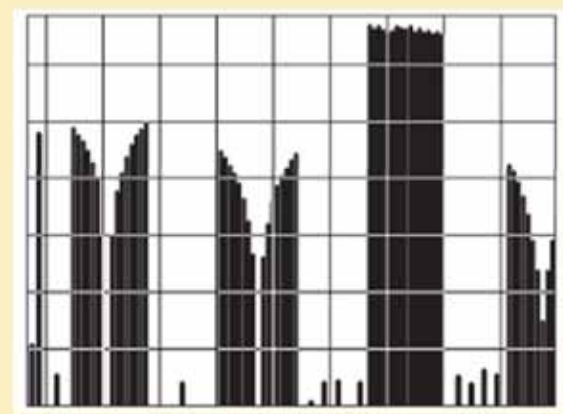


Рис. 5. Спектр сигнала с дискретной перестройкой частоты (16 значений частот) на выходе DDS с коммутацией отчетов

Рис.6. Синтезатор полиномиального ЧМ сигнала для программы "Марс 94"

Тактико-технические характеристики СПЧМС:
Максимальная полоса синтезируемого сигнала: 4МГц
Шаг по частоте в каждом диапазоне $\leq 10^{-3}$ Гц
Максимальная длительность сигнала: $3 \cdot 10^3$ с
Уровень побочных спектральных составляющих ≤ -35 дБ

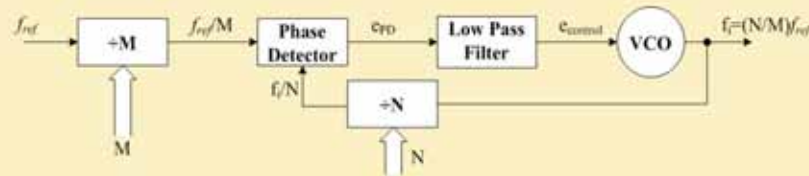


Рис. 7. PLL синтезатор с целочисленными коэффициентами деления

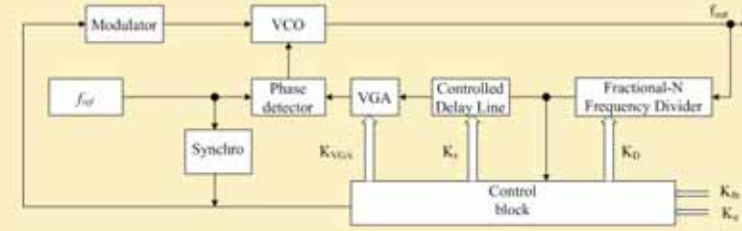
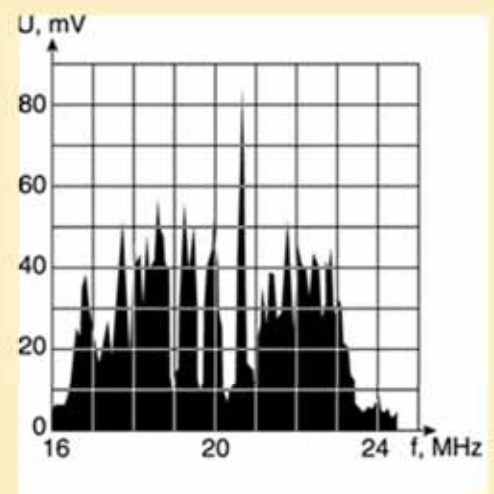
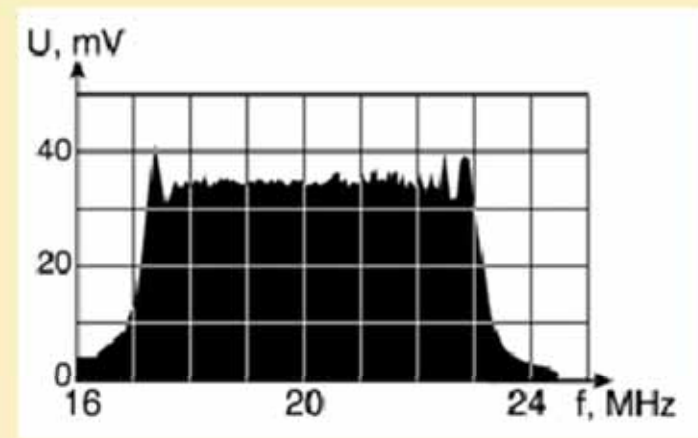


Рис. 8. Структурная схема синтезатора ЛЧМ сигналов с дробным ДПКД

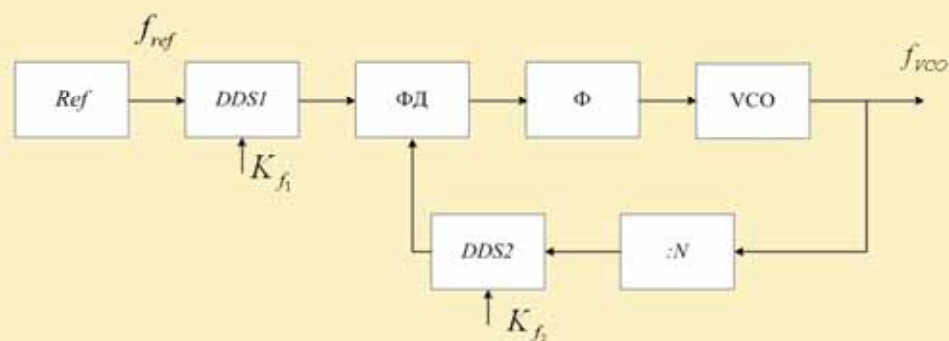


а)



б)

Рис.9. Спектры в синтезаторе ЛЧМ сигналов с дробным ДПКД:
а) без компенсации помех дробности, б) с 6-разрядной УЛЗ



$$f_{VCO} = f_{ref} \frac{NK_{f2}}{K_{f1}}$$

Рис. 10. Гибридный синтезатор частот на основе PLL и DDS

	Параметр	Акула
	Модель	
1	Диапазон рабочих частот, ГГц	0,125 – 6,0
2	Диапазон выходного уровня, дБм	От 0 до +17*
3	Неравномерность выходного уровня, дБ	± 1,5
4	Шаг регулировки выходного уровня, дБ	1
5	Время переключения выходного уровня, мс	100
6	Шаг перестройки по частоте	10 ⁻⁵
7	Ошибка установки по частоте	10 ⁻⁶
8	Время переключения частоты, мс	20
12	Уровень фазовых шумов при отстройке на 10 кГц на частотах выходного сигнала:	
	125 МГц	-138 дБн/Гц
	500 МГц	-126 дБн/Гц
	1000 МГц	-120 дБн/Гц
	2000 МГц	-114 дБн/Гц
	4000 МГц	-108 дБн/Гц
	8000 МГц	-102 дБн/Гц
13	Амплитудные шумы при отстройке ≥ 300 кГц, дБн/Гц	-150
14	Уровень побочных гармонических составляющих, дБн	-30
15	Уровень побочных негармонических составляющих в диапазонах:	
	0,125 – 2 ГГц	-78 дБн
	2 – 4 ГГц	-72 дБн
	4 – 6 (8) ГГц	-50 дБн

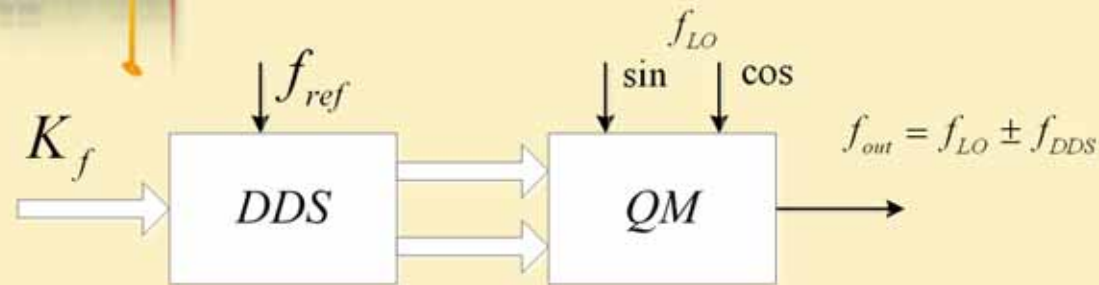


Рис. 11. Синтезатор частот на основе DDS и квадратурного генератора

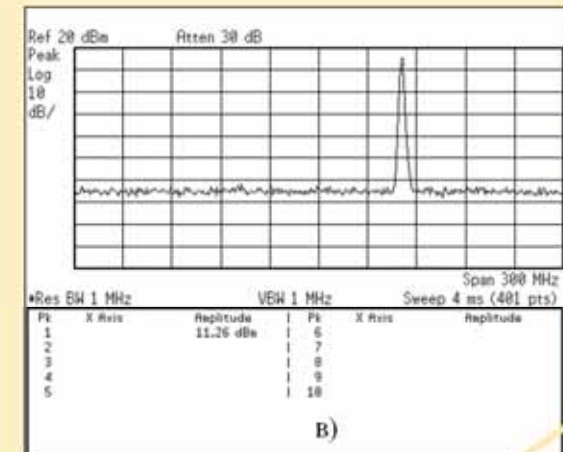
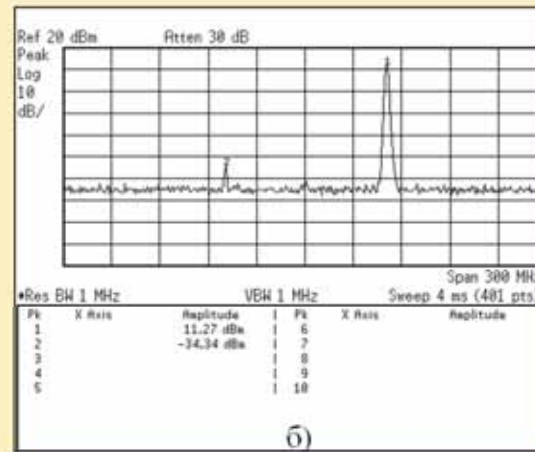
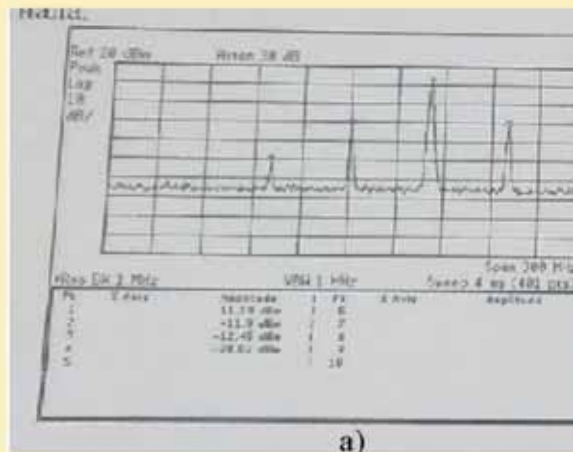


Рис. 12. Спектр сигнала на выходе квадратурного модулятора: а) – без балансировки и калибровки, б) – после балансировки по постоянному току (DC Offset), в) – с балансировкой по постоянному току и калибровкой квадратурных составляющих

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	> 3×10 ⁷
ЛЧМ	КВС	20	F ₀ ±60	5...1000
ЛЧМ	КВС	20	F ₀ ±175	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.

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.



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 $\pm 5\%$ и 1,8 $\pm 5\%$; корпус LQFP-100.

Потребляемая мощность <700 мВт.

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА



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.



ФАПЧ с целочисленным и дробным коэффициентами деления 1508ПЛ9Т



Приемка «5»

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 $\pm 5\%$ и 1,8 $\pm 5\%$; корпус LQFP-48**

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА



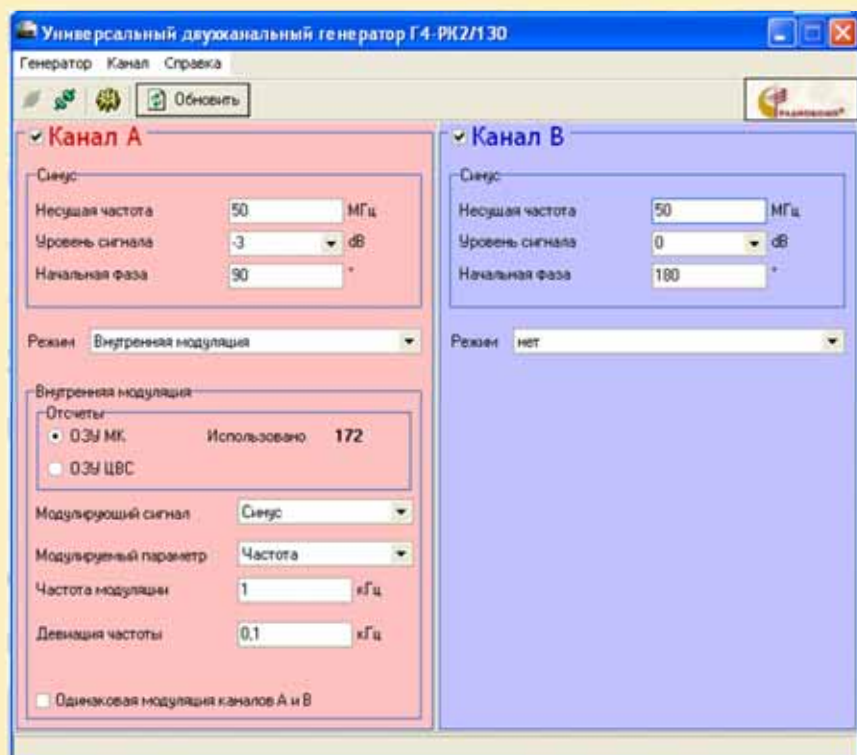
Универсальный двухканальный генератор Г4-РК2/150



- 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

Установка всех параметров
сигнала с помощью ПО для ПЭВМ



Дополнительные опции:

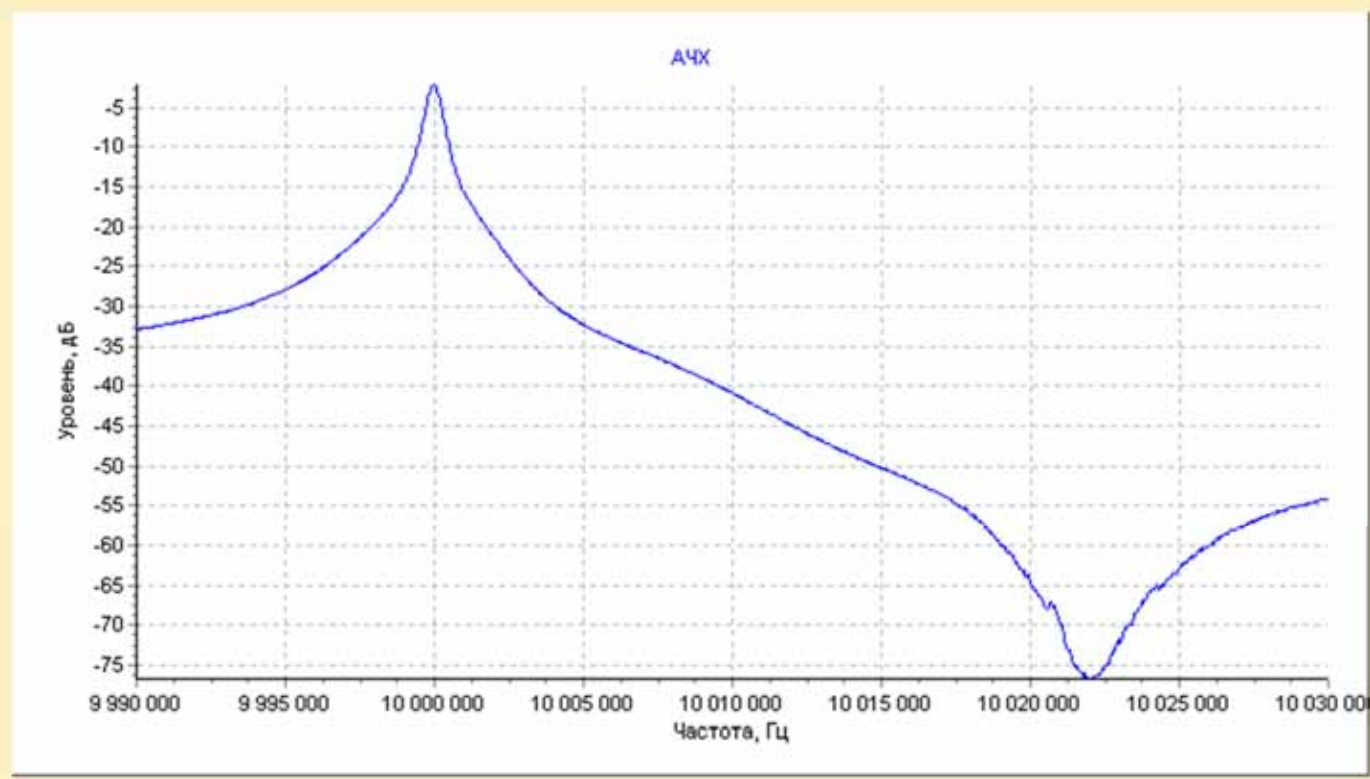
- Высокостабильный опорный генератор с возможностью синхронизации от внешнего источника 5 или 10 МГц;
- Работа от внешнего источника опорной частоты;
- Измерение АЧХ и ФЧХ.

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА



РАДИОКОМП®

Универсальный двухканальный генератор Г4-РК2/150



АЧХ кварцевого резонатора на 10 МГц

Синтезатор частот на основе цифрового вычислительного синтезатора



- Диапазон частот: 0,5-300 МГц;
- Максимальная выходная мощность: +15 дБм;
- Шаг перестройки по частоте: $2,6 \cdot 10^{-6}$ 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: $+ (5 \pm 0,5)$ В, ток потребления не более 0,35 А,

$+ (12 \pm 1,2)$ В, ток потребления не более 0,15 А;

Габаритные размеры: 112 x 57 x 21 мм, герметичное исполнение;

Масса: 230 \pm 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: $+(5 \pm 0,5)$ В, ток потребления не более 0,1 А,

$+(12 \pm 1,2)$ 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

Малоз шумящий синтезатор фиксированных частот МСФЧ-РК

Основные технические характеристики

Диапазон значений фиксированной выходной частоты: 1...4 ГГц
(указывается при заказе)

Источник опорного сигнала: встроенный или внешний

Максимальный фазовый шум синтезированного сигнала
определяется по формуле:

$L_{\text{вых}} = L_{\text{оп}} + 20 \cdot \log(F_{\text{вых}} / F_{\text{оп}}) + 5$ (отстройка 10 кГц от выходной частоты)

$L_{\text{вых}} = L_{\text{оп}} + 20 \cdot \log(F_{\text{вых}} / F_{\text{оп}}) + 10$ (отстройка 100 кГц от выходной частоты)

где

$L_{\text{вых}}$ – спектральная плотность мощности фазовых шумов
выходного сигнала, дБн/Гц

$L_{\text{оп}}$ – спектральная плотность мощности фазовых шумов
опорного генератора, дБн/Гц

$F_{\text{вых}}$ – частота выходного сигнала

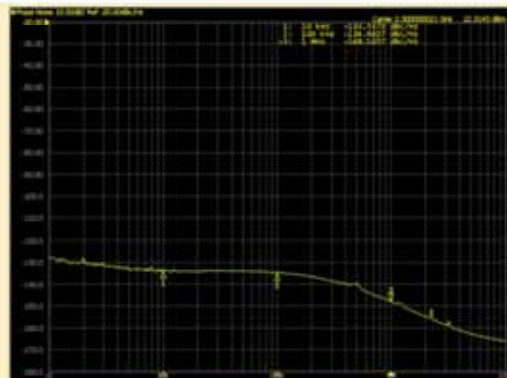
$F_{\text{оп}}$ – частота опорного кварцевого генератора

Уровень выходного сигнала: не менее +13 дБм

Напряжение питания: 12 В

Ток потребления: 200 мА (без учета опорного генератора)

Габаритные размеры: 112 × 57 × 25 мм



УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА



Синтезатор сверхширокополосных ЛЧМ сигналов

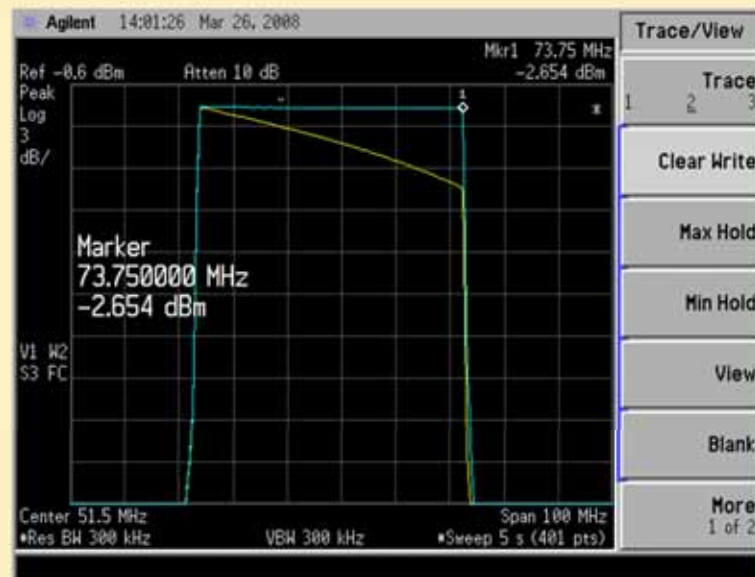


- Диапазон частот (по диапазонам): 400-6000 МГц
- Разрешение по частоте: $\sim 3 \cdot 10^{-6}$ Гц;
- Девиация ЛЧМ: до 500 МГц;
- Скорость перестройки ЛЧМ: до 50000 ГГц/с;
- Разрешение по скорости перестройки ЛЧМ: 600 Гц/с;
- Длительность импульса ЛЧМ: 10 мкс... 10^6 с;
- Точность установки длительности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

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА

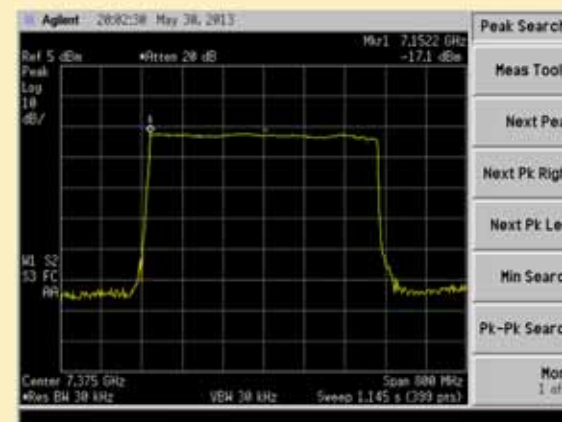
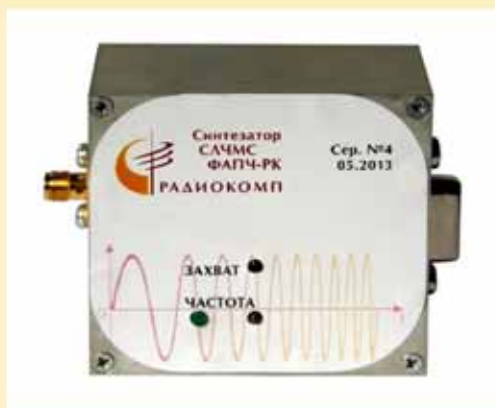


Использование профилей для коррекции амплитуды, фазы и постоянного смещения в процессе формирования ЛЧМ для снижения уровня паразитных составляющих



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

Синтезаторы ЛЧМ сигналов на основе кольца ФАПЧ



Основные потенциальные параметры и возможности синтезаторов ЛЧМ сигналов на основе кольца ФАПЧ:

- Диапазон начальных частот: до 15 ГГц (без переноса частоты)
- Полоса формируемого сигнала: до единиц гигагерц
- Режим формирования сетки частот в диапазоне перестройки
- Внутренний источник опорной частоты: TCXO или OCXO
- Возможно подключение внешних опорных генераторов с выходной частотой до 200 МГц
- Рабочий диапазон температур: -40...+50 °С
- Установка параметров выходного сигнала синтезатора может производиться следующими способами:
- Фиксировано. В этом случае параметры записаны во встроенный контроллер и управления синтезатором не требуется
- Внешнее управление по шинам SPI или USB
- Внутренняя или внешняя синхронизация (начало, окончание радиоимпульса, управление ключом коммутации выходного сигнала и т.д.)

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА



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

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА



Измеритель мощности M2-PK

Основные технические характеристики



Частотный диапазон	до 4.2 ГГц (выбирается при заказе)
Диапазон измеряемых мощностей	-30 дБм...+15 дБм
Точность определения уровня мощности	±1 дБ
Частота измерений	200 000 измерений/сек
Разрядность АЦП	12 бит
Диапазон рабочих температур, С	+5 ... +40
Измерение огибающей импульсных сигналов с длительностью от 50 мкс	
Вносимые потери	~ 0.4 дБ
Входное и выходное сопротивление	50 Ом
Тип СВЧ разъемов	SMA
Аналоговый и USB выходы	
Тип аналогового выхода	логарифмический, однополярный
Интерфейс	USB 1.1
Питание по шине USB, максимальный потребляемый ток	100 мА
Габаритные размеры	88 × 75 × 26 мм

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА



РАДИОКОМП®

Спасибо за внимание!

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.ru>

sales@radiocomp.ru