

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ

УДК 621.373.52

ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗА

А.Р. Бектемиров

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

Научный руководитель – д.т.н., профессор И.В. Якименко

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

Характеристики всех современных радиотехнических устройств в значительной степени определяются стабильностью по частоте и фазе сигналов источников колебаний, что обеспечивается благодаря использованию синтезаторов частоты прямого цифрового синтеза (DDS).

Целью работы является изучение типовых структур DDS, используемых в настоящее время при проектировании высокостабильных генераторов частоты, исследование макетного образца микросхемы DDS AD9912.

DDS уникальны по своим возможностям: генерируемый ими сигнал синтезируется со свойственной цифровым системам точностью, частотное разрешение DDS составляет сотые, и даже тысячные доли герца при выходной частоте порядка десятков мегагерц. Частота, амплитуда и фаза сигнала в любой момент времени известны и могут быть установлены в произвольное значение. Немаловажным преимуществом является экстремально быстрый переход на другую частоту без выбросов и других аномалий, связанных с временем установления. DDS практически не подвержены температурному дрейфу и старению. Единственным элементом, который обладает свойственными аналоговым схемам нестабильностями, является ЦАП. Все это является причиной того, что в последнее время DDS вытесняют обычные аналоговые синтезаторы частот.

В работе детально проанализирована микросхема синтезатора частоты AD9912, построенного на основе системы прямого цифрового синтеза, осуществлен расчет выходного эллиптического фильтра для полосы рабочих частот 9 кГц–200 МГц, проведено моделирование в специализированной программной среде ADIsimDDS с целью оценки чистоты спектра сигнала в рабочей полосе. В ходе экспериментального исследования макетного образца микросхемы AD9912 сняты значения спектральной плотности мощности фазовых шумов для 5 контрольных точек рабочего диапазона частот при отстройках от несущей 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц. Полученные данные зафиксированы в соответствующих таблицах.

Литература

1. Ридико Л.И. DDS: прямой цифровой синтез // Компоненты и технологии. – 2001. – № 7. – С. 50–54.
2. Мёрфи Е., Власенко А. Все о синтезаторах DDS // Компоненты и технологии. – 2005. – № 45. – С. 28–32.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD9912.pdf, своб.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ СВЧ ДИАПАЗОНА

М.В. Разумов

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Пеньков

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

В настоящее время существует большое разнообразие монолитных интегральных схем на GaAs, которые находят широкое применение в СВЧ электронике. Около половины всех приборов в беспроводных системах связи составляют арсенидгаллиевые интегральные схемы [1, 2]. Перед отечественными предприятиями стоит задача освоения в серийном производстве МИС ведущих мировых производителей СВЧ приборов, таких как Agilent, Hittite, RFMD.

Задачей работы является анализ и решение проблемы несоответствия расчетных и экспериментальных характеристик, а так же других технологических вопросов на примере разработки устройства – Малошумящего усилителя диапазона 2370–2430 МГц, в состав которого входят усилительные каскады с использованием монолитных малошумящих усилителей на основе GaAs.

В работе проанализирован ассортимент приборов, представленных на рынке, проведено моделирование малошумящего усилительного каскада в специализированной программной среде AWRMicrowaveOffice с целью обеспечения оптимального сочетания основных характеристик каскада, таких как коэффициент передачи (K_p), коэффициент шума ($K_{ш}$), коэффициент отражения от входа (S_{11}), коэффициент отражения от выхода (S_{22}). Отдельно рассмотрен вопрос проектирования конструктивного исполнения изделия, обеспечивающего требуемые эксплуатационные характеристики. В работе рассмотрен процесс получения экспериментальных данных разрабатываемого устройства с применением измерительных приборов. Описана методика снятия характеристик коэффициента передачи (K_p) и коэффициента шума ($K_{ш}$) с помощью измерительного прибора – Анализатора коэффициента шума, а так же коэффициента передачи (K_p), коэффициент отражения от входа (S_{11}) и коэффициент отражения от выхода (S_{22}) с помощью измерительного прибора – Анализатора СВЧ цепей.

Литература

1. Шахнович И. Твердотельные СВЧ-приборы и технологии. Невоспетые герои беспроводной революции // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2005. – № 4. – С. 12–19.
2. Шахнович И. Твердотельные СВЧ-приборы и технологии. Состояние и перспективы // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2005. – № 5. – С. 58–61.

КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ СУММИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ С РАЗДЕЛЕНИЕМ ПО ЧАСТОТЕ

А.С. Рогожкин

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

Научный руководитель – к.т.н., доцент К.Н. Строев

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

Устройства суммирования сигналов с разделением по частоте (в частном случае, диплексеры и триплексеры для объединения сигналов от двух и трех источников соответственно) широко используются в радиоприемной и передающей аппаратуре, обеспечивая одновременную работу на одну антенну двух и более разных по рабочей частоте трактов.

Отсутствие аналитических методов синтеза таких устройств делает задачу их разработки нетривиальной и зависящей от набора частотных диапазонов, объединяемых устройством, разнесом их по частоте, требованиями к уровню потерь в каналах и изоляции между ними, уровнем рабочей мощности, которые определяют конфигурацию используемых фильтров и технологию их изготовления. Так при высокой мощности входных сигналов (в системах радиоэлектронного подавления, базовых станциях сотовой связи) устройства их суммирования строятся с использованием высокодобротных объемных резонаторов, что обеспечивает высокую изоляцию между трактами и низкий уровень потерь в их рабочей полосе. Наиболее трудным является вариант объединения двух близко расположенных частотных диапазонов, например, каналов приема и передачи заданного стандарта радиосвязи (дуплексеры).

Целью работы являлась разработка конструктивного варианта построения диплексера с рабочей мощностью 100 Вт на полосы пропускания 850–1150 МГц и 1700–2200 МГц, а также формирование на основе частного случая общих методов построения устройств суммирования разделенных по частоте сигналов высокой мощности.

В ходе работы было проведено электромагнитное моделирование созданной объемной модели диплексера, выполненного на объемных резонаторах с емкостной подстройкой, произведена оптимизация его геометрической конфигурации и размеров для обеспечения оптимальных выходных характеристик. Использование индивидуальной (емкостной) подстройки каждого из фильтров, входящих в состав диплексера, позволило снизить требования к точности производства и сборки диплексера для обеспечения заданного уровня повторяемости выходных характеристик.

Промежуточными результатами работы явилось выявление общих закономерностей в построении диплексера для обеспечения заданных характеристик, степень влияния материалов покрытия корпуса и отдельных геометрических размеров структуры диплексера на его характеристики.

Итогом работы можно считать разработку конкретного конструктивного варианта реализации диплексера, позволяющего использовать его с минимальными изменениями для создания диплексеров (в частности, дуплексеров) на другие частотные диапазоны, с разной шириной и разнесением рабочих каналов. Подобный подход при соответствующем дополнении структуры может быть использован также и для разработки устройств суммирования сигналов в более чем двух частотных диапазонах, в частности, триплексеров.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ КОНВЕРТОР РАДИОЧАСТОТЫ L-ДИАПАЗОНА**Е.А. Тимофеев**

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Пеньков

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

Освоение диапазонов дециметровых и сантиметровых волн создало предпосылки к развитию индивидуальных средств связи. Использование этих диапазонов волн позволяет существенно расширить ширину спектра модулирующих сигналов [1].

Особый интерес представляет L-диапазон, занимающий полосу частот 1–2 ГГц. Основные пользователи L-диапазона – спутниковые системы навигации GPS и ГЛОНАСС, мобильные системы связи стандарта GSM.

Разработанный конвертор L-диапазона построен по супергетеродинной схеме с двумя преобразованиями частоты. Для достижения требуемых характеристик по подавлению зеркальных каналов приема преселектор конвертора разбит на пять диапазонов. Конвертор имеет небольшие габариты и сравнительно небольшую мощность, потребляемую от источника питания. Особенностью радиоприемного устройства является возможность использования разработанного конвертора, как в узкополосных, так и в широкополосных системах связи. Характеристики разработанного конвертора приведены в таблице.

Таблица. Характеристики конвертора L-диапазона

Параметр	Измеренное значение
Диапазон рабочих частот, МГц	950–2150
Номинал ПЧ, МГц	140
Полоса пропускания по уровню –3дБ, не менее, МГц	6/75
Шаг перестройки частоты РПУ, МГц	1
Коэффициент шума, не хуже, дБ	13
Коэффициент усиления, дБ	30
Мощность сигналов гетеродинов на входах/выходах РПУ, дБм, не более, дБ	–85
КСВ по входу, не более	2
КСВ по выходу, не более	1,5
Точка компрессии по входу $P_{1дБ}$, не менее, дБмВт	–15
Точка пересечения IP3 по входу, не ниже, дБмВт	+6
Спектральная плотность фазовых шумов гетеродинов на отстройке 10 кГц, не менее, дБн/Гц	–90
Входное напряжение питания, В	8–15
Мощность потребления, не более, Вт	6
Диапазон рабочих температур, °С	(–40)–(+50)
Габаритные размеры, не более, мм	185×135×20
Масса, кг	1

Литература

1. Румянцев К.Е. Радиоприемные устройства: учебник / К.Е. Румянцев. – М.: Академия, 2006. – 336 с.

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ КОНВЕРТОР РАДИОЧАСТОТЫ СВЧ ДИАПАЗОНА С РАСШИРЕННЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ

В.В. Чечулин

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Н. Строев

(Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске)

Освоение коротковолновых диапазонов связано с возможностью размещения большего числа частотных каналов, использования сложных широкополосных сигналов, реализации остронаправленного излучения и приема при малых размерах антенн, уменьшения уровня помех, измерения малых скоростей объектов [1].

Проблема создания широкополосных приемных устройств с расширенным динамическим диапазоном традиционно является одной из основных задач радиоэлектроники СВЧ. Основной причиной, препятствующей расширению полосы принимаемых частот, являются побочные (паразитные) каналы приема. Они ограничивают реальный динамический диапазон приемного устройства а, следовательно, тактико-технические характеристики аппаратуры и области ее применения. Существуют несколько путей решения указанной проблемы. Все они имеют свои достоинства и недостатки, связанные со схемотехническими и конструктивными особенностями конкретных устройств.

Разработанный широкополосный конвертор с рабочим диапазоном частот 2–18 ГГц является перестраиваемым супергетеродинным широкополосным конвертором радиочастоты. Для расширения динамического диапазона его преселектор разбит на восемь коммутируемых диапазонов, используется двух диапазонная коммутируемая первая ПЧ и квадратурные смесители во второй ПЧ. В результате был получен малогабаритный конвертор радиочастоты с представленными в таблице характеристиками.

Таблица. Характеристики малогабаритного конвертора радиочастоты

Параметр	Измеренное
Диапазон рабочих частот, ГГц	2,0–18,0
Номинал ПЧ, МГц	1500
Полоса пропускания по уровню –3дБ, не менее, МГц	200
Шаг перестройки частоты РПУ, МГц	100,0
Коэффициент шума, не хуже, дБ	6
Динамический диапазон, дБ	60
Коэффициент усиления, дБ	25
Неравномерность коэффициента усиления в полосе 200 МГц, дБ	±1
Мощность сигналов гетеродинов на входах/выходах РПУ, не более,	–80
КСВ по входу, не более	2
КСВ по выходу, не более	1,5
Точка компрессии по входу $P_{1дБ}$, не менее, дБмВт	–5
Точка пересечения IP3 по входу, не ниже, дБмВт	0
Входное напряжение питания, В	8–30
Мощность потребления, не более, Вт	10
Диапазон рабочих температур, °С	(–40)–(+50)
Габаритные размеры, не более, мм	200×115×38
Масса, кг	1,3

Литература

1. Румянцев К.Е. Радиоприемные устройства: учебник / К.Е. Румянцев. – М.: Академия, 2006. – 336 с.