



УДК 621.396.962.25

DOI: 10.22184/NanoRus.2019.12.89.417.419

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭКБ В РАЗРАБОТКАХ ГК «РОСАТОМ»

EXPERIENCE OF USING MODERN DOMESTIC HARDWARE COMPONENTS IN THE DEVELOPMENT OF ROSATOM STATE CORPORATION

ЗОЗУЛЯ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

szozulya@niiis.nnov.ru

ZOZULYA SERGEY V.

szozulya@niiis.nnov.ru

БАБКОВСКИЙ АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ**BABKOVSKY ALEXANDER P.****МИШИН ИГОРЬ ЮРЬЕВИЧ****MICHIN IGOR YU.****БАЛОБАНОВ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ****BALOBANOV EVGENY S.***Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»**«НИИИС им. Ю. Е. Седякова»**603951, г. Нижний Новгород, ул. Троицына, 47**Branch of RFNC-VNIIEF "NIIIS named after**Yu. Ye. Sedakov"**47 Tropinina St., Nizhny Novgorod, 603951*

Рассмотрена возможность создания аппаратуры с цифровым формированием модуляции сигнала на современной отечественной ЭКБ.

Ключевые слова: отечественная ЭКБ; синтезатор частот; цифровое формирование.

The paper highlights the possibility of creating equipment with digital signal modulation on modern domestic hardware components.

Keywords: domestic hardware components; frequency synthesizer; digital formation.

Мировая тенденция в разработке электронной компонентной базы состоит в повышении уровня интеграции радиочастотных схем и объединении радиочастотного тракта со схемами цифровой обработки и управления. Это позволяет реализовать радиоаппаратуру для мобильных изделий, имеющую высокие потребительские и тактико-технические параметры. Наиболее широко подобная высокоинтегрированная ЭКБ представлена в линейке изделий компании Analog Devices. С учетом приобретения Analog Devices в 2014 г. компании Hittite Microwave диапазон частот ЭКБ был расширен до миллиметрового диапазона.

В настоящее время ряд отечественных производителей осуществляет разработку и серийное освоение новой элементной базы, обеспечивающее частичное или полное функциональное замещение импортной ЭКБ. Наиболее широко подобные разработки представлены следующими отечественными производителями: ОАО «НПП «Пульсар», г. Москва; АО НПЦ «Элвис», г. Зеленоград; ЗАО «ПКК Миландр», г. Зеленоград; АО «НИИМА «Прогресс», г. Москва; АО «НИИЭТ», г. Воронеж; ЗАО «НПП «Планета-Аргалл», г. Великий Новгород.

Рассмотрим возможность использования современной ЭКБ отечественного производства на примере реализации типового многофункционального когерентного приемопередающего устройства (ППУ) мобильной РЛС. ППУ предназначено для формирования импульсного зондирующего сигнала с возможностью внутриимпульсной линейной частотной модуляции (ЛЧМ) для сжатия сигнала, приема и квадратурного преобразования отраженного сигнала. Сжатие сигнала позволяет снизить требования к выходной мощности излучения при сохранении разрешающей способности РЛС. Одним из наиболее распространенных схемотехнических решений является

использование прямого цифрового синтеза сигнала с возможностью ЛЧМ и преобразование сформированного сигнала по частоте вверх на требуемую рабочую частоту.

Конструктивно ППУ выполнено в виде отдельных экранированных функциональных блоков:

- блок формирования частоты (БФЧ) обеспечивает формирование высокостабильного сигнала несущей частоты с линейной частотной модуляцией;
- блок передатчика (ПРД) обеспечивает усиление сигнала БФЧ с возможностью регулирования мощности, формирование импульсного зондирующего сигнала и формирование сигнала гетеродина приемника;
- блок приемника (ПРМ) обеспечивает усиление и квадратурное преобразование отраженного сигнала;
- блок коммутации и усиления (БКУ) обеспечивает усиление зондирующего сигнала, развязку приемного и передающего трактов и защиту от внеполосных помех;
- формирователь сигналов модуляции (ФСМ) обеспечивает формирование сигналов управления режимами работы ПРД и ПРМ.

Функциональная схема ППУ приведена на рис. 1.

Для схемного построения ППУ изначально была использована ЭКБ компаний Analog Devices и Hittite Microwave.

Блок формирования частоты (БФЧ) предназначен для формирования высокостабильного сигнала с линейной частотной модуляцией. Двухканальный DDS-синтезатор AD9958 формирует квадратурный сигнал с линейной частотной модуляцией в соответствии с управляющими сигналами с входа управления и загрузки. Квадратурный модулятор ADL5375 обеспечивает однополосное преобразование с подавлением несущей для

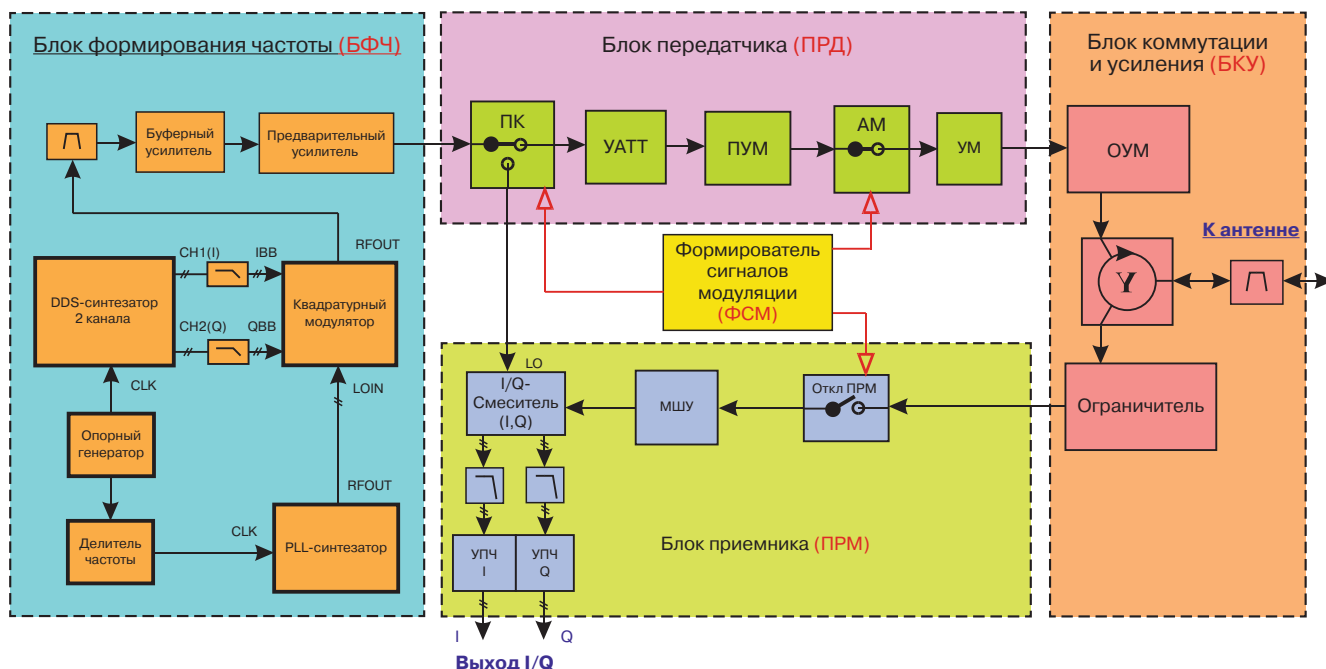


Рис. 1. Функциональная схема ППУ

получения ЛЧМ-сигнала на частоте до 6 ГГц. В качестве гетеродинного сигнала для квадратурного модулятора используется PLL-синтезатор со встроенным VCO ADF4350. В качестве опорного генератора для DDS- и PLL-синтезаторов используется общий кварцевый генератор. Это необходимо для обеспечения когерентности выходного сигнала БФЧ. Полосовой фильтр обеспечивает дополнительное подавление паразитных составляющих преобразования. Буферный усилитель с последующим трактом совместно с предварительным усилителем обеспечивает необходимый уровень мощности выходного сигнала БФЧ.

Блок ПРД предназначен для формирования импульсного зондирующего сигнала, переключения режима прием – передача и формирования сигнала гетеродина для блока приемника и выполнен на ЭКБ производства Nittite Microwave. ЛЧМ-сигнал с БФЧ поступает на вход переключателя ПК, обеспечивающего переключение режима прием – передача и формирование импульсного зондирующего сигнала. В режиме передачи сигнал

поступает на вход управляемого аттенуатора, обеспечивающего регулировку выходной мощности, и после усиления с помощью предварительного усилителя мощности ПУМ и усилителя мощности УМ поступает на вход оконечного усилителя мощности блока БКУ. Амплитудный модулятор АМ обеспечивает дополнительное подавление выходного сигнала передатчика в режиме приема. В режиме приема сигнал поступает на гетеродинный вход I/Q-смесителя приемника в качестве сигнала гетеродина.

Блок ПРМ предназначен для приема и квадратурного преобразования отраженного сигнала и выполнен на ЭКБ производства Nittite Microwave. На сигнальный вход I/Q-смесителя через отключатель приемника поступает отраженный сигнал, усиленный с помощью малошумящего усилителя. С выхода I/Q-демодулятора через ФНЧ, ограничивающие полосу выходного сигнала, и усилитель УПЧ, обеспечивающий необходимый для работы АЦП уровень напряжения сигнала, снимается квадратурный сигнал для дальнейшей обработки. Отключатель приемника обеспечивает защиту приемника на время излучения зондирующего импульса и предотвращает насыщение входных каскадов малошумящего усилителя в режиме передачи. Дополнительное снижение уровня паразитного преобразованного сигнала на выходе I/Q-демодулятора в режиме передачи обеспечивается отключением сигнала гетеродина с помощью переключателя ПК блока ПРД.

Блок БКУ предназначен для усиления зондирующего сигнала, развязки трактов приемника и передатчика и защиты приемника от внеполосных помех. Оконечный усилитель мощности должен работать в линейном режиме и обеспечивает усиление зондирующего сигнала до необходимого уровня. Y-циркулятор обеспечивает развязку тракта приемника и передатчика, а также работу приемопередатчика на одну приемопередающую антенну. Полосовой фильтр используется для защиты приемника от внеполосных помех. Ограничитель в тракте приемника обеспечивает защиту входных цепей приемника от перегрузки при наличии мощных помех в рабочей полосе частот.

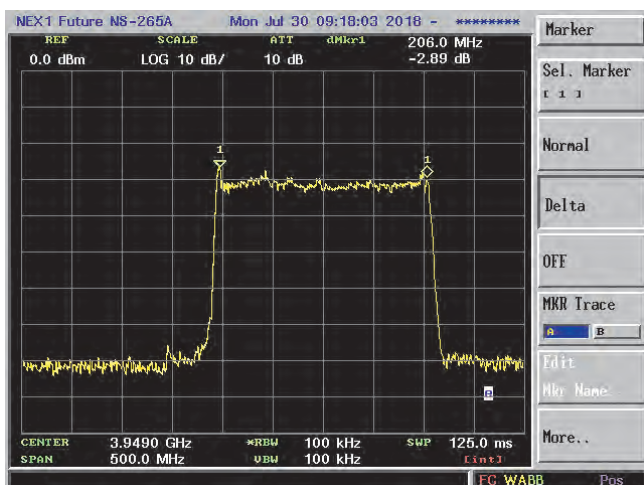


Рис. 2. Режим ЛЧМ-синтезатора на 1288ПЛУ и генераторе M411245-05 (ОАО «НПП «Пульсар»)

Формирователь сигналов модуляции обеспечивает формирование управляющих сигналов для переключателя ПК, амплитудного модулятора АМ, отключателя приемника. Управление режимами работы и характеристиками излучаемого сигнала ППУ осуществляется блоком цифровой обработки, работа которого в рамках данного материала не рассматривается.

Работанное ППУ позволяет реализовать многофункциональную РЛС с диапазоном частот зондирующего сигнала до 6 ГГц, длительностью импульсов от единиц мкс и внутриимпульсной ЛЧМ до 200 МГц.

В настоящее время отечественной промышленностью разрабатывается и серийно выпускается ЭКБ, позволяющая реализовать схемотехнику ППУ на отечественной элементной базе.

Для проведения ряда экспериментальных работ, позволяющих реализовать БФЧ на отечественных микросхемах, были рассмотрены варианты использования следующей ЭКБ:

- DDS-синтезатор 1508ПЛ8Т (АО НПЦ «Элвис»);
- PLL-синтезаторы 1508ПЛ9Т и 1288ПЛ1У (АО НПЦ «Элвис»), синтезаторы серии 1324ПЛ1У (ОАО «НПП «Пульсар»);
- квадратурный модулятор 1327МА015 и демодулятор 1327 МВ015 (АО «НИИМА «Прогресс»);
- источники опорного сигнала производства АО «ОНИИП» (г. Омск) и АО «Морион» (г. Санкт-Петербург).

Следует отметить, что в PLL-синтезаторе 1288ПЛ1У предусмотрена реализация режима ЛЧМ непосредственно на несущей частоте, что позволяет упростить функциональную схему БФЧ. Пример реализации режима ЛЧМ приведен на рис. 2.

Блоки ПРД и ПРМ могут быть реализованы на линейке усилителей производства ЗАО «НПП «Планета-Аргалл» и ОАО

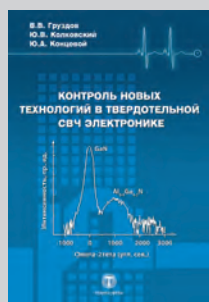
«НПП «Пульсар» и переключателей ЗАО «НПП «Планета-Аргалл». Некоторые из этих изделий успешно применены в разрабатываемой и серийно выпускаемой аппаратуре и показали хорошие технические характеристики, сравнимые с зарубежными аналогами. Отдельно следует отметить модули усилителя мощности М421401, М421402, М421403 производства ОАО «НПП «Пульсар», имеющие встроенные схемы управления уровнем выходной мощностью и дополнительной амплитудной модуляцией сигнала.

Оконечный усилитель мощности в блоке БКУ может быть реализован на GaN-транзисторах типа ПП9136А, ПП9137А, ПП9138А, ПП9138Б и транзисторах, разрабатываемых в рамках ОКР «Дискрет-39-Т».

Указанные разработки позволяют на современном этапе создавать приемопередающие устройства в диапазоне до 6 ГГц с современными видами модуляции сигнала и выходной мощностью до 50 Вт.

Авторы считают, что в данной работе новым является комплексное исследование возможности создания аппаратуры на современной отечественной ЭКБ, позволяющей в полной мере реализовать преимущества цифровых методов формирования и обработки радиочастотных сигналов, что в дальнейшем обеспечивает разработку программно-управляемых приемопередающих устройств с расширенными функциональными характеристиками. Полученные экспериментальные результаты по исследованию ряда основных узлов ППУ показывают возможность создания радиоаппаратуры с использованием отечественной ЭКБ, отвечающей современным схемотехническим тенденциям.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Цена 975 руб.

КОНТРОЛЬ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СВЧ ЭЛЕКТРОНИКЕ

В. В. Груздов, Ю. В. Колковский, Ю. А. Концевой

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2017. – 328 с.
ISBN 978-5-94836-426-1

В книге представлено обобщение накопленного опыта по созданию методов входного и технологического контроля при разработке и производстве СВЧ транзисторов на основе широкозонных материалов, в частности транзисторов на гетероструктурах типа AlGaIn/GaN. Рассмотрены системы отечественных и зарубежных стандартов, на основе которых проводятся разработки СВЧ транзисторов. Подробно описаны физические основы гетероструктур, описаны свойства широкозонных полупроводников, методы изготовления СВЧ транзисторов. Детально анализируется технология производства транзисторов с учетом имеющегося опыта их реального изготовления. Рассмотрены электрические, оптические, рентгеновские, электронно-микроскопические и аналитические методы, которые применяются при входном и технологическом методах контроля. Рассмотрен опыт создания в ОАО «НПП «Пульсар» СВЧ транзисторов и СВЧ блоков на их основе.

Книга будет полезна специалистам в области электроники, исследователям, инженерам-практикам и разработчикам радиоэлектронной аппаратуры.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 (495) 234-0110; 📠 +7 (495) 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru