

УДК 621.309

К. ХАКАМИНИДЖАД, С.В. ТАРАСЕНКО, В.Н. ОЛЕЙНИК

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИЕМНИКА СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Рассмотрены особенности проектирования связных приемников, применяемых в авиации в различных системах радионавигации и телекоммуникации. Предлагаемый приемник представляет собой схему с двойным преобразованием частоты для улучшения селективных свойств и достижения устойчивого усиления в условиях помех. В процессе построения приемного устройства предлагается использование специализированных ИМС, позволяющих минимизировать массогабаритные характеристики, энергопотребление, получить упрощение конструкции, повысить надежность эксплуатации, а также расширить его функциональные возможности.

Ключевые слова: приемник, синтезатор частоты, интегральная микросхема, схема с двойным преобразованием частоты.

Введение

В современной авиации широко используются многочисленные системы радиоэлектронного обеспечения, среди которых особое место занимают инструментальные системы посадки и системы телекоммуникаций [1]. Для систем радиоэлектронного оборудования, устанавливаемых на аппаратах малой авиации, актуально снижение массы, габаритов и стоимости, поэтому предлагается использовать для построения приемников специализированных ИМС.

Целью данной статьи является рассмотреть разработанный связной приемник, представляющий собой схему с двойным преобразованием частоты, спроектированный с использованием специализированных ИМС.

1. Структура приемника

В качестве примера рассмотрим особенности построения приемника, обеспечивающего радиосвязь на борту авиационного комплекса в диапазоне 220,0 МГц – 400,0 МГц. В соответствии со стандартами ИСАО весь диапазон разбит на 3600 частотных каналов с шагом 50 кГц [1].

Для обеспечения необходимой селекции по зеркальному каналу предлагается структура приемника с двойным преобразованием частоты.

В приемнике предлагается использовать две промежуточные частоты: первая частота – переменная, лежащая в диапазоне от 45,0 МГц до 42,5 МГц, при помощи которой можно осуществить предварительное понижение частоты; вторая промежуточная частота – фиксированная, равная 500 кГц, при по-

мощи которой можно осуществить частотную селекцию сигнала по соседнему каналу и обеспечить основное его усиление.

Первый гетеродин, в роли которого выступает цифровой синтезатор частоты (ЦСЧ) – ЦСЧ1 (рис. 1), должен формировать сетку частот, расположенную в диапазоне от 355,0 МГц до 175,0 МГц. Он должен формировать 72 фиксированные частоты с регулярным шагом частот, равным 2,5 МГц. При этом на выходе первого смесителя См1 выделяется сигнал, находящийся в полосе первой промежуточной частоты 45,0 МГц – 42,5 МГц (эта задача реализуется при помощи усилителя промежуточной частоты – УПЧ1.1 и полосового фильтра – ПФ2). Далее этот сигнал усиливается в УПЧ1.2 и подается на второй смеситель – См2. На второй вход смесителя См2 подается сигнал со второго гетеродина, в качестве которого применен ЦСЧ2. Этот синтезатор должен формировать 50 фиксированных частот в диапазоне от 42,000 МГц до 44,500 МГц с шагом 50 кГц. Сигнал с выхода второго смесителя предварительно усиливается, селектируется (при помощи УПЧ2.1 и ПФ3) и достигает необходимого уровня после основного усилителя – УПЧ2.2.

Из рассмотренной структуры видно, что для построения связного приемника необходимо применить два синтезатора частот. Первый – синтезатор частот ЦСЧ1, формирующий 72 фиксированные частоты с шагом 2,5 МГц в диапазоне 175,0 – 355,0 МГц, и второй – ЦСЧ2, формирующий 50 фиксированных частот с шагом 50 кГц в диапазоне от 42,000 МГц до 44,500 МГц.

Оба синтезатора могут быть построены по типовой однопетлевой схеме импульсно фазовой автоподстройки частоты (ИФАПЧ) [2].

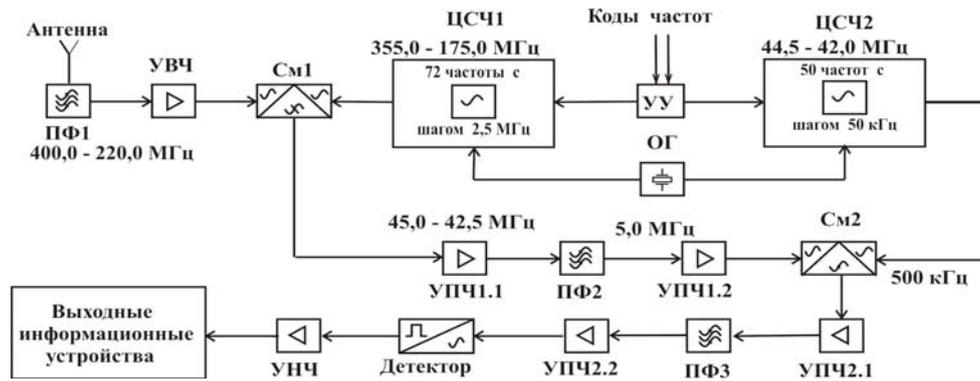


Рис. 1. Структура связного приемника

Для формирования выходного колебания ЦСЧ1 предлагается использовать опорную частоту 5,0 МГц. Для получения высокой чистоты спектра выходного сигнала в синтезаторе частоту сравнения частотно-фазового детектора (ЧФД) выбираем достаточно низкой – 50 кГц.

Далее следует определить коэффициенты деления для делителя с фиксированным коэффициентом деления (ДФКД) и делителя с программируемым коэффициентом деления (ДПКД).

Для ДФКД коэффициент деления будет равен 100 ($N = 100$). Коэффициент деления программируемого делителя ДПКД будет также целочисленным. Для обеспечения режима синхронизма в петле ИФАПЧ на максимальной частоте 355,0 МГц он должен составлять $M_{\max} = 7100$. Для ближайшей соседней частоты 352,5 МГц $M_{\max - 1} = 7050$, а для нижней частоты 175,0 МГц должен составить $M_{\min} = 3500$.

Особенностью данного синтезатора является его очень большой диапазон перестройки по частоте. Для перекрытия его необходимо применить многодиапазонный генератор, управляемый напряжением (ГУН), для построения которого в качестве резонансной системы будем использовать коммутируемые четвертьволновые длинные линии [2].

Первая будет обеспечивать работу генератора в диапазоне 175,0 – 215,0 МГц с перекрытием в 40 МГц, вторая – в диапазоне 215,0 – 275,0 МГц с перекрытием в 60 МГц, а третья – в диапазоне 275,0 – 355,0 МГц с перекрытием в 80 МГц. Такое разбиение на диапазоны требует обеспечить перестройку в первом диапазоне на 22,8 %, во втором – на 27,9 %, а в третьем – на 29 %. Такая широкая перестройка в каждом из диапазонов требует дополнительных мер по обеспечению захвата в петле ИФАПЧ, а также реализации поддиапазонности внутри каждого диапазона.

Рассмотрим возможные параметры, для построения ЦСЧ2. Для этого синтезатора перестройка составит 50 фиксированных частот с шагом 50 кГц, охватывающих диапазон от 42,000 МГц до

44,500 МГц.

Перекрытие по частотному диапазону составит 2,5 МГц, что по отношению к нижней частоте составляет 5,9%. Такая перестройка реализуется в ГУН, выполненных на основе LC – компонентов, где в качестве элементов перестройки используются сборки варикапов. В ЦСЧ2 используется для формирования выходного колебания опорная частота 5,0 МГц. Для получения выходного шага частот 50 кГц в синтезаторе частоту сравнения ЧФД выберем 5,0 кГц, то есть кратную 50 кГц.

Определим коэффициенты деления ДФКД и ДПКД. Для ДФКД коэффициент деления будет равен 1000 ($N = 1000$). Коэффициент деления программируемого делителя ДПКД будет также целочисленным и для обеспечения режима синхронизма в петле ИФАПЧ на верхней частоте 44,500 МГц должен составить $M_{\max} = 8900$, а на нижней частоте 42,000 МГц должен составить $M_{\min} = 8400$. Все промежуточные значения частот синтезатора достигаются путем изменения целочисленных коэффициентов деления ДПКД $M = 8900, 8890, 8880, \dots, 8400$. То есть, коэффициенты деления изменяются с целочисленным шагом в 10 единиц.

Корпорация Analog Devices разработала линейку двойных ЦСЧ высокого качества серии ADF 4200. Для рассматриваемого приемника наилучшим образом подходит микросхема типа ADF 4217, один из синтезаторов которой в состоянии генерировать колебания вплоть до 2000 МГц, а другой – до 550 МГц [3]. После смешивания с напряжением второго гетеродина f_{r2} результирующее колебание подается на пьезокерамический фильтр CF352, формирующий АЧХ по второй промежуточной частоте. Оба напряжения гетеродина поступают к смесительным каскадам приемника от микросхемы синтезаторов частоты, не показанных на рис. 2.

Недавно фирмой Motorola разработано новое поколение однокристалльных узкополосных ЧМ-радиоприемников с двойным преобразованием частоты, представленных микросхемами MC13135/136.

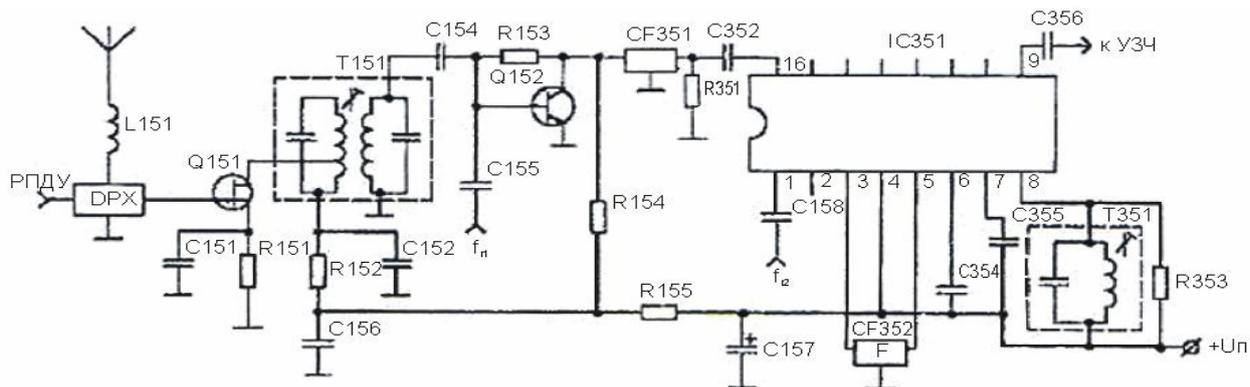


Рис. 2. Схема РПУ с двойным преобразованием частоты

Эти ИМС имеют высокое усиление, малые внутренние шумы и низкий уровень нелинейных искажений. Диапазон напряжения питания – 2 ... 6 В при потребляемом токе 3,5 мА. ИМС предназначены для работы с синтезаторами частоты или местным кварцевым гетеродином. В качестве опорного элемента частотно-фазового детектора может применяться как колебательный контур, так и керамический резонатор. ИМС выпускаются в стандартных корпусах – DIP-24 и малогабаритных для поверхностного монтажа – SO-24.

2. Микросхемы связных радиоприемников

В данной статье рассматриваются интегральные микросхемы, предназначенные для применения в узкополосных радиоприемных устройствах, устойчиво работающих на частотах до 450 МГц. Для приемника с двойным преобразованием частоты можно применить микросхемы фирмы Motorola MC3351/61/71[4]. Реализация входной части прием-

ника с микросхемой данного типа приведена на рис. 2. Сигнал из антенны через дуплексор поступает в усилитель радиочастоты, собранный на полевом транзисторе Q151 по схеме с общим ОИ. Нагрузкой служит двухконтурный полосовой фильтр T151 с неполным включением первого контура в цепь стока транзистора. Со второго контура напряжение радиочастоты подается на первый смеситель (Q152 по схеме с ОЭ), в коллекторную цепь которого включен резистор R154 и пьезокерамический фильтр CF351. Через конденсатор C158 подается сигнал первого гетеродина $f_{г1}$. Сигнал первой промежуточной частоты после фильтра поступает на вход смесителя микросхемы IC3351 (вывод 16).

Для реализации приемника с двойным преобразованием частоты, соответствующего рассмотренной структуре (рис. 1), можно применить современную микросхему TEA5711 фирмы Philips [5].

Ее применение обусловлено отличными техническими параметрами, хорошей повторяемостью и нечувствительностью к помехам. Внутренняя структура этой микросхемы показана на рис. 3.

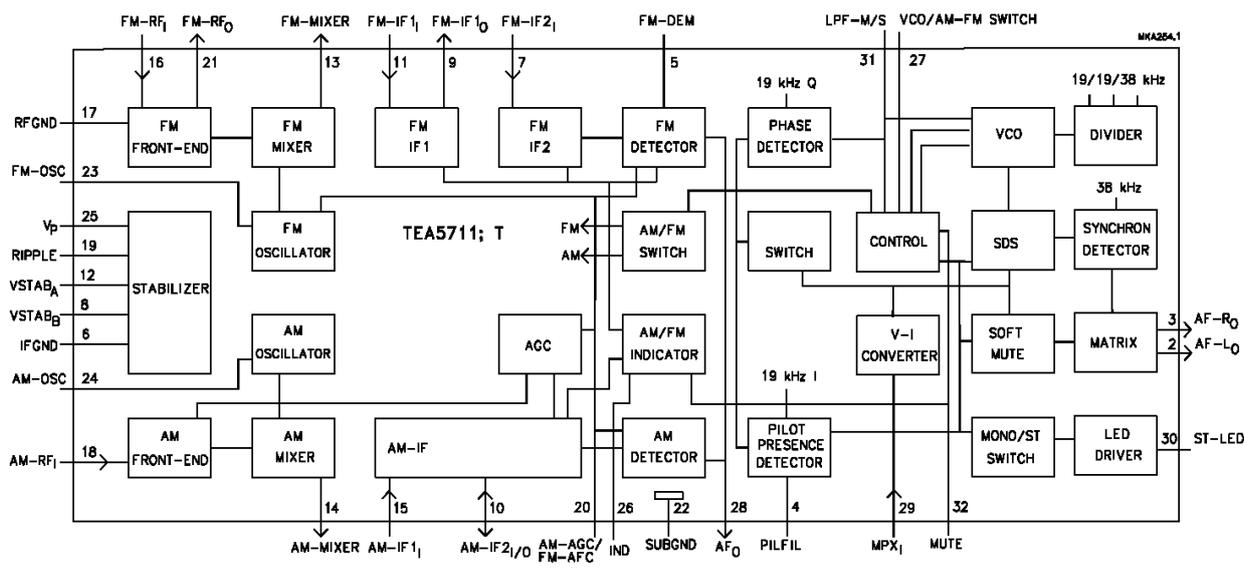


Рис. 3. Внутренняя структура микросхемы TEA5711

Особенностью микросхемы является то, что в ней реализованы все необходимые компоненты для обеспечения высококачественного приема сигналов с АМ- и ЧМ-модуляцией, включая разные типы детекторов сигналов и стереодекодер. Для авиационной электроники как раз и характерно применение разнообразных способов кодирования сигнала и применение разных типов модуляций

Заключение

На примере связанного радиоприемника бортового авиационного комплекса диапазона 220,0 МГц – 400,0 МГц предлагается его структура, показаны особенности выбора параметров синтезаторов частот, выполняющих роль гетеродинов. Предложена конкретная реализация в виде современных микросхем корпораций Analog Devices, Motorola и Philips. В результате анализа были предложены отдельные схемотехнические и конструктивные решения при

создании приемников, предназначенных для работы в разнообразных отраслях техники.

Литература

1. Качан В. К. Средства радиосвязи управления воздушным движением / В.К. Качан, В. В. Сокол. – К.: Вища школа, 1993. – 232 с.
2. Манасевич В. Синтезаторы частот (Теория и проектирование): пер. с англ. / В. Манасевич. – М.: Связь, 1979. – 384 с.
3. Curtin M. PLL for HF receivers and Transmitters / M. Curtin, P.O. Bien // Analog dialog. – 1999. – Volume 33. – P. 110-140.
4. Брускин В. Зарубежные микросхемы связанных приемников / В. Брускин // Радиолюбитель. – 1999. – № 1. – С. 14-16.
5. Product specification. AM/FM stereo radio circuit TEA5711, TEA5711T [Электронный ресурс] // Philips Semiconductors. – 1994. – Режим доступа: <http://www.datasheetcatalog.com>.

Поступила в редакцию 12.11.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры производства радиоэлектронных систем летательных аппаратов Ю.Н. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЙМАЧА СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

К. Хакамінідžad, С.В. Тарасенко, В.М. Олійник

Розглянуті особливості проектування зв'язних приймачів, який використовується в авіації у різноманітних системах радіонавігації і телекомунікації. Пропонується приймач являє собою схему з подвійним перетворенням частоти, тому що така структура дає можливість поліпшення селективних властивостей та досягнення стійкого посилення в умовах завад. В процесі побудови приймального пристрою пропонується використання спеціалізованих ІМС, що дало змогу мінімізувати масогабаритні характеристики, енергопопсування, отримати спрощення конструкції, збільшити надійність експлуатації, а також розширити його функційні можливості.

Ключові слова: приймач, синтезатор частоти, інтегральна мікросхема, схема з подвійним перетворенням частоти.

FEATURES OF DESIGNING A RECEIVER SYSTEM FOR NAVIGATION AND TELECOMMUNICATION

K. Khakaminidzhad, S.V. Tarasenko, V.N. Olejnik

This article describes features of designing coupled receivers, which are used in aviation, different radionavigation and telecommunication systems. The receiver represents a scheme with double frequency transformation. Such structure gives the ability to improve selective properties and to reach gain. The usage of specialized IMS is proposed during the realization of the receiving device because it allows to minimize weight-sized characteristics, power consumption, to simplify a construction, to enhance exploitation reliability and to expand its functionalities.

Key words: receiver, frequency synthesizer, integrated microchem, scheme with double frequency transformation.

Хакамінідžad Камбиз – магістр кафедри виробництва радіоелектронних систем, Національний аэрокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна.

Тарасенко Сергій Вікторович – магістрант кафедри виробництва радіоелектронних систем, Національний аэрокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна.

Олійник Вячеслав Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри виробництва радіоелектронних систем летательних апаратів, Національний аэрокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна.