



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2001105550/09, 27.07.1999

(24) Дата начала действия патента: 27.07.1999

(30) Приоритет: 30.07.1998 US 09/126,681

(45) Опубликовано: 20.03.2005 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 5172070 A, 15.12.1992. US 5375146 A, 20.12.1994. US 5745523 A, 28.04.1998. EP 0535800 A2, 07.04.1993. EP 0534255 A2, 31.03.1993. EP 0502546 A2, 09.09.1992. RU 2067770 C1, 10.10.1996. US 5351016 A, 27.09.1994. US 5550869 A, 27.08.1996. US 5119397 A, 02.06.1992. WO 93/076679 A1, 15.04.1993. EP 0502546 A2, 09.09.1992.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 28.02.2001

(86) Заявка РСТ:
US 99/17081 (27.07.1999)

(87) Публикация РСТ:
WO 00/07301 (10.02.2000)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры",
пат.пов. Ю.Д.Кузнецову, рег.№ 595

(72) Автор(ы):

БАТТЕРФИЛД Дэниел Киз (US)

(73) Патентообладатель(ли):

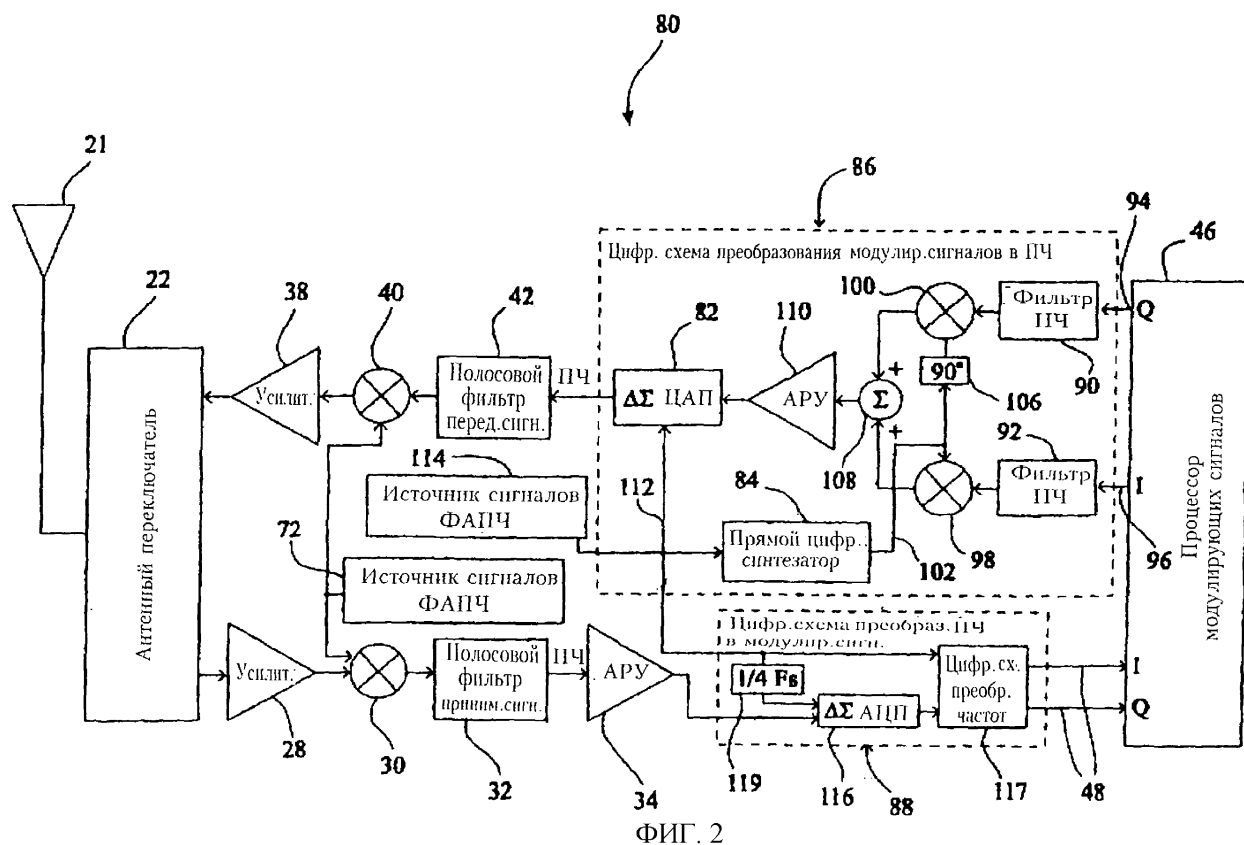
КВЭЛКОММ ИНКОРПОРЕЙТЕД (US)

(54) ЭФФЕКТИВНЫЙ ПО ОБОРУДОВАНИЮ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК С ДЕЛЬТА-СИГМА-ЦИФРОАНАЛОГОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к приемопередатчикам систем связи. Технический результат заключается в снижении потребляемой мощности при низких шумовых характеристиках. Приемопередатчик (80) содержит цифровую схему (86) для преобразования модулирующих сигналов в сигналы промежуточной частоты. Источник сигналов (114) выдает первый периодический опорный сигнал (112) первой частоты. Прямой цифровой синтезатор (84) получает второй периодический сигнал (102) со второй частотой из

первого периодического опорного сигнала. Схема преобразователя с повышением частоты в цифровой форме преобразует с повышением частоты модулирующие сигналы в цифровые сигналы промежуточной частоты, используя второй периодический сигнал (102). Цифроаналоговый преобразователь (82) преобразует цифровые сигналы промежуточной частоты в аналоговые сигналы промежуточной частоты, используя первый периодический опорный сигнал (112). 6 н. и 39 з.п. ф-лы. 3 ил.



ФИГ. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2001105550/09, 27.07.1999

(24) Effective date for property rights: 27.07.1999

(30) Priority: 30.07.1998 US 09/126,681

(45) Date of publication: 20.03.2005 Bull. 8

(85) Commencement of national phase: 28.02.2001

(86) PCT application:
US 99/17081 (27.07.1999)

(87) PCT publication:
WO 00/07301 (10.02.2000)

Mail address:

129010, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg.№ 595

(72) Inventor(s):

BATTERFIELD Dehniel Kiz (US)

(73) Proprietor(s):

KVEHLKOMM INKORPOREJTED (US)

(54) EFFECTIVE-EQUIPMENT TRANSCEIVER INCORPORATING DELTA-SIGMA DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER

(57) Abstract:

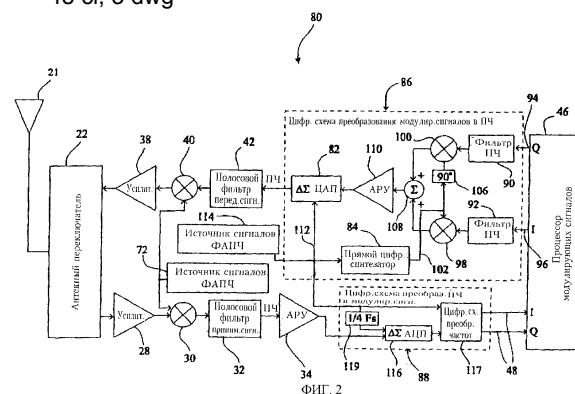
FIELD: communication system transceivers.

SUBSTANCE: transceiver 80 has digital circuit 86 for converting modulating signals into intermediate-frequency ones. Signal source 114 transmits first periodic reference signal 112 at first frequency. Direct digital synthesizer 84 receives second periodic signal 102 at second frequency from first periodic reference signal. Converter circuit affording frequency increase in digital form functions to convert and raise frequency of modulating signals into intermediate-frequency digital signals using second periodic signal 102. Digital-to-analog converter 82 converts intermediate-frequency digital signals into intermediate-frequency analog signals using first

periodic reference signal 112.

EFFECT: reduced power requirement at low noise characteristics.

45 cl, 3 dwg



Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к системам связи. Конкретно, настоящее изобретение относится к приемопередатчикам, используемым в сетях связи.

Уровень техники

5 Системы сотовой связи отличаются наличием множества мобильных приемопередатчиков, осуществляющих связь с одной или несколькими базовыми станциями. Каждый приемопередатчик содержит передатчик и приемник.

В типовом приемопередатчике входной аналоговый радиочастотный (РЧ) сигнал, принятый антенной, преобразуют с понижением частоты РЧ секцией в сигнал 10 промежуточной частоты (ПЧ). Схемы обработки сигналов выполняют фильтрацию шума и регулируют амплитуду сигнала посредством аналоговой схемы автоматической регулировки усиления (АРУ). В секции ПЧ затем осуществляют преобразование сигнала с понижением частоты до модулирующего сигнала и преобразуют аналоговый сигнал в цифровой сигнал. Цифровой сигнал затем подают в процессор модулирующих сигналов 15 для дальнейшей обработки сигналов, чтобы получить речевые сигналы или данные.

Аналогично передатчик принимает цифровой входной сигнал от процессора модулирующих сигналов и преобразует входной сигнал в аналоговый сигнал. Этот сигнал затем фильтруют и преобразуют с повышением частоты в каскаде ПЧ в сигнал 20 промежуточной частоты. Регулируют усиление переданного сигнала и сигнал ПЧ преобразуют с повышением частоты в РЧ сигнал при подготовке к радиопередаче.

И в передающей и приемной секциях регулировку усиления сигнала и преобразование частоты обычно выполняют в аналоговой форме. Это требует использования множества гетеродинов (Гт) для преобразования сигнала с понижением частоты, преобразования с 25 повышением частоты и смешивания (преобразования). Аналоговые гетеродины имеют большие размеры и требуют использования одной или несколько схем фазовой автоподстройки частоты. Как известно, схемы фазовой автоподстройки частоты являются большими, дорогими схемами, которые потребляют значительную мощность. Следовательно, использование схем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) увеличивает стоимость, габариты и потребляемую мощность аналоговых гетеродинов и 30 приемопередатчиков, в которых эти схемы используются.

Следовательно, существует необходимость в эффективном по стоимости, габаритам приемопередатчике с низкими шумовыми характеристиками и минимальной потребляемой мощностью.

Сущность изобретения

35 Потребность удовлетворяется приемопередатчиком в соответствии с настоящим изобретением. Предлагаемый приемопередатчик содержит цифровую схему для преобразования модулирующих сигналов в сигналы промежуточной частоты. Источник сигналов создает первый периодический сигнал с первой частотой. Прямой цифровой синтезатор получает второй периодический сигнал второй частоты из первого 40 периодического опорного сигнала. Схема преобразователя с повышением частоты в цифровой форме преобразует с повышением частоты модулирующие сигналы в цифровые сигналы промежуточной частоты, используя второй периодический сигнал. Цифроаналоговый преобразователь преобразует цифровые сигналы промежуточной частоты в аналоговые сигналы промежуточной частоты, используя первый периодический 45 сигнал.

В варианте реализации приемопередатчика цифровая схема преобразует с повышением частоты первый передаваемый сигнал первой частоты в сигнал со второй частотой в ответ на второй периодический сигнал и, кроме того, в виде отклика выдает цифровой 50 передаваемый сигнал. Вторая схема предназначена для преобразования цифрового передаваемого сигнала в аналоговый передаваемый сигнал. Схемы передачи и приема предназначены для передачи аналогового передаваемого сигнала и приема аналогового принимаемого сигнала, соответственно.

В конкретном варианте осуществления аналоговый принимаемый сигнал в цифровой

форме преобразуют с понижением частоты для получения цифрового принимаемого сигнала в виде отклика на второй периодический сигнал. Важная особенность изобретения заключается в выдаче первого и второго периодических сигналов единственным гетеродином. Прямой цифровой синтезатор предназначен для формирования одного из

5 опорных сигналов из выходного сигнала гетеродина.

Схема передачи содержит дельта-сигма цифроаналоговый преобразователь, на который подают первый периодический сигнал в качестве входного. Дельта-сигма цифроаналоговый преобразователь имеет цифроаналоговый преобразователь младших разрядов и дельта-сигма модулятор.

10 В иллюстрируемом варианте осуществления цифроаналоговый преобразователь младших разрядов является одноразрядным цифроаналоговым преобразователем, а дельта-сигма модулятор - дельта-сигма модулятором шестого порядка. Дельта-сигма модулятор содержит усилители с приблизительно следующими коэффициентами усиления: $3/2$, $-3/4$, $1/8$.

15 Схема передачи содержит цифровую схему автоматической регулировки усиления для регулирования усиления первого сигнала. Выходной сигнал схемы автоматической регулировки усиления подают на вход дельта-сигма цифроаналогового преобразователя. Также в схему передачи включены цифровой фильтр нижних частот, цифровой преобразователь частоты и цифровой сумматор. Выходной сигнал цифрового сумматора

20 подают на вход схемы автоматической регулировки усиления.

Новая конструкция настоящего изобретения является облегченной из-за устранения гетеродина при использовании прямого цифрового синтезатора и дельта-сигма цифроаналогового преобразователя. Устраняя гетеродин, достигают экономии мощности и габаритов.

25 Краткое описание чертежей

Признаки, задачи и преимущества настоящего изобретения станут более очевидны из подробного описания, приведенного ниже, при рассмотрении совместно с чертежами, на которых аналогичные обозначения идентифицируются соответствующим образом на всех чертежах.

30 Фиг.1 изображает блок-схему известного приемопередатчика.

Фиг.2 изображает блок-схему приемопередатчика, созданного в соответствии с настоящим изобретением и использующего дельта-сигма ($\Delta\Sigma$) цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) и прямой цифровой синтезатор (ПЦС).

Фиг.3 изображает блок-схему $\Delta\Sigma$ ЦАП, изображенного на фиг.2.

35 Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления

Хотя настоящее изобретение описано со ссылками на иллюстрирующие варианты осуществления для конкретных применений, должно быть понятно, что изобретение ими не ограничено. Специалистам в данной области техники очевидны дополнительные модификации, применения и варианты осуществления в его объеме и дополнительные

40 области, в которых настоящее изобретение может быть полезно.

Нижеследующий обзор обычного приемопередатчика предназначен для облегчения понимания настоящего изобретения.

Фиг.1 изображает блок-схему известного приемопередатчика 20. Приемопередатчик 20 является телекоммуникационным приемопередатчиком с двойным преобразованием и

45 содержит антенну 21 для приема и передачи РЧ сигналов. Антенный переключатель 22, связанный с антенной 21, облегчает разделение принимаемых РЧ сигналов 24 от передаваемых РЧ сигналов 26.

Принимаемые РЧ сигналы 24 подают на схему приема, которая содержит усилитель 28 принимаемых РЧ сигналов, преобразователь 30 частоты РЧ-в-ПЧ, полосовой фильтр 32

50 принимаемых сигналов, аналоговую схему автоматической регулировки усиления (АРУ) 34 принимаемых сигналов и аналоговую схему 36 преобразования сигналов ПЧ-в-модулирующие сигналы. Принимаемые РЧ сигналы 24 усиливают усилителем 28 принимаемых сигналов, преобразуют в сигналы промежуточной частоты посредством

преобразователя 30 частоты РЧ-в-ПЧ, фильтруют полосовым фильтром 32 принимаемых сигналов, регулируют усиление схемой АРУ 34 принимаемых сигналов и затем преобразуют в цифровые модулирующие сигналы 48 посредством схемы 36 преобразования аналоговых сигналов ПЧ-в-модулирующие сигналы. Цифровые модулирующие сигналы 48 затем подают на вход цифрового процессора 46 модулирующих сигналов.

Передаваемые РЧ сигналы 26 поступают на антенный переключатель 22 от схемы передачи, которая содержит РЧ усилитель 38 передаваемых сигналов, преобразователь 40 частоты сигналов ПЧ-в-РЧ, полосовой фильтр 42 передаваемых сигналов и аналоговую схему 44 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ. Выходные сигналы 50 цифрового процессора модулирующих сигналов принимают аналоговой схемой 44 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ, в которой их преобразуют в аналоговые сигналы, преобразуют в сигналы ПЧ, которые затем подвергают фильтрации полосовым фильтром 42 передаваемых сигналов, осуществляют преобразование с повышением частоты до РЧ с помощью преобразователя 40 частоты ПЧ-в-РЧ, усиливают усилителем 38 передаваемых сигналов и затем передают посредством антенного переключателя 22 и антенны 21.

Схемы приема и передачи связаны с цифровым процессором 46 модулирующих сигналов, который обрабатывает принятые цифровые модулирующие сигналы 48 и выдает выходные сигналы 50 цифрового процессора модулирующих сигналов. Процессор 46 модулирующих сигналов может содержать такие функции, как преобразование сигнала в речевые данные и/или наоборот.

Выходные сигналы 50 процессора модулирующих сигналов не совпадают по фазе на 90° по отношению друг к другу и соответствуют синфазному (I) и квадратурному (Q) сигналам. Выходные сигналы 50 подают на вход цифроаналоговых преобразователей (ПАП) 52 в аналоговой схеме 44 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ, в которой их преобразуют в аналоговые сигналы, которые затем фильтруют фильтрами 54 нижних частот при подготовке к преобразованию частоты. Фазы сигналов подстраивают, преобразуют частоту и суммируют посредством блока 56 фазовращателя на 90° , преобразователей 58 частоты модулирующих сигналов-в-ПЧ и сумматора 60, соответственно. Сумматор 60 выдает сигналы 62 ПЧ, которые поступают на вход аналоговой схемы 64 автоматической регулировки усиления (АРУ) передаваемых сигналов, в которой усиление преобразованного сигнала 62 ПЧ регулируют при подготовке к фильтрованию посредством полосового фильтра 42 передаваемых сигналов, осуществляют преобразование с повышением частоты до РЧ посредством преобразователя 40 частоты ПЧ-в-передаваемые сигналы, усиливают посредством усилителя 38 передаваемых сигналов и, наконец, осуществляют радиопередачу посредством антенного переключателя 22 и антенны 21.

ЦАП 52 в схеме 44 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ тактируют первым гетеродином (Гт1) 66. Частота дискретизации ЦАП 52 определяется частотой гетеродина 66. Гетеродин 66 также выдает тактовый сигнал в аналоговую схему 36 преобразования сигнала ПЧ-в-модулирующие сигналы, который используется аналого-цифровыми преобразователями (АЦП) 68 в аналоговой схеме 36 преобразования сигнала ПЧ-в-модулирующие сигналы.

Второй гетеродин (Гт2) 70 требуется для преобразователей частоты 58 в схеме 44 преобразования аналоговых модулирующих сигналов-в-ПЧ. Второй гетеродин 70 выдает тактовый сигнал, имеющий частоту, отличную от частоты выходного сигнала первого гетеродина 66. Как правило, второй гетеродин 70 работает на значительно более высокой частоте, чем первый гетеродин 66.

Третий гетеродин 72 требуется для работы преобразователя 30 частоты РЧ-в-ПЧ принимаемых сигналов и преобразователя 40 частоты ПЧ-в-РЧ передаваемых сигналов. Обычно один и тот же гетеродин 72 используют для обоих преобразователей 30, 40 частоты.

Четвертый гетеродин 73 используется аналоговой схемой 75 преобразования в

аналоговой схеме 36 преобразования сигнала ПЧ-в-модулирующие сигналы для облегчения функций преобразования сигнала ПЧ-в-модулирующие сигналы, выполняемых аналоговой схемой 75 преобразования.

5 Все гетеродины 66, 70, 72, 73 требуют одной или нескольких схем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Схемы ФАПЧ обычно являются большими аналоговыми схемами, которые потребляют чрезмерную мощность.

10 Конструктивные ограничения приемопередатчика 20 ограничивают степень обработки сигналов, которая может быть выполнена в цифровой форме, и требуют использования дополнительных больших потребляющих значительную мощность аналоговых схем, например гетеродинов и аналоговых схем АРУ. Например, имеются многозарядные ЦАП 52 перед преобразованием аналогового сигнала и фильтрованием, выполняемых схемой 44 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ. Это имеет место отчасти из-за того, что ЦАП 52 будут генерировать чрезмерный паразитный шум, если они будут включены после 15 схемы преобразования. Вот почему сигналы 62 ПЧ являются более высокочастотными сигналами, что увеличивает паразитные импульсы преобразователя, посредством чего увеличивается паразитный шум. Паразитный шум обычно находится в полосе частот и является трудно фильтруемыми обычными средствами.

20 Так как цифроаналоговое преобразование должно иметь место перед преобразованием модулирующих сигналов-в-ПЧ с помощью схемы 44, схема 44 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ должна быть осуществлена в аналоговом виде. Аналоговые преобразователи 58 частоты, фильтры 54, сумматор 60 и аналоговая схема АРУ 64 являются намного большими и потребляют больше мощности, чем их цифровые эквиваленты. Кроме того, несогласованность из-за низкой точности аналоговых схем вызывает паразитное прохождение сигнала гетеродина 70, который не может быть 25 отфильтрован используемыми на практике средствами.

К тому же, конструкция приемопередатчика 20 требует использования, по меньшей мере, трех гетеродинов, то есть первого гетеродина 66, второго гетеродина 70 и третьего гетеродина 72. Гетеродины 66, 70 и 72 содержат большие, неэффективные по мощности аналоговые схемы ФАПЧ.

30 Фиг.2 изображает блок-схему приемопередатчика 80, созданного в соответствии с настоящим изобретением. Приемопередатчик 80 использует дельта-сигма ($\Delta\Sigma$) цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) 82 и прямой цифровой синтезатор (ПЦС) 84. В приемопередатчике 80 аналоговая схема 44 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ, изображенная на фиг.1, и аналоговая схема 36 преобразования 35 ПЧ-в-модулирующие сигналы, изображенная на фиг.1, заменены реконструированной схемой 86 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ и реконструированной схемой 88 преобразования ПЧ-в-модулирующие сигналы, соответственно. Замены устраняют необходимость во втором гетеродине 70, изображенном на фиг.1, значительно сокращая потребляемую мощность и габариты приемопередатчика.

40 $\Delta\Sigma$ ЦАП 82 может преобразовывать цифровые сигналы ПЧ в аналоговые сигналы без проблем, связанных с паразитным шумом многозарядного ЦАП. Используя $\Delta\Sigma$ ЦАП 82, преобразование модулирующих сигналов-в-ПЧ может быть выполнено в цифровой форме, таким образом устраняя паразитное прохождение сигнала генератора.

45 Цифровая схема 86 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ содержит первый цифровой фильтр 90 нижних частот и второй цифровой фильтр 92 нижних частот, которые отфильтровывают нежелательные сигналы, такие как шум, от квадратурного (Q) 94 и синфазного (I) 96 сигналов, принятых от процессора 46 модулирующих сигналов, соответственно. Фильтрованные синфазные сигналы подают на вход первого цифрового преобразователя 98 частоты, в то время как фильтрованные квадратурные сигналы подают 50 на вход второго цифрового преобразователя 100 частоты. Первый преобразователь 98 частоты тактируют тактовым сигналом 102 ПЦС от схемы ПЦС 84. Сигнал 102 ПЦС сдвигают по фазе на 90° цифровым фазовращателем 106, получая в результате сдвинутый тактовый сигнал 104. Тактируя преобразователи 98, 100 частоты тактовыми сигналами,

которые не совпадают по фазе на 90° , сигналы I и Q согласуют по фазе. Преобразователи 98, 100 частоты преобразуют сигналы I и Q в сигналы ПЧ, которые объединяют посредством цифрового сумматора 108. Суммированные сигналы ПЧ затем подают на цифровую схему 110 АРУ, конструкция которой известна. Цифровая схема 110 АРУ регулирует усиление сигналов ПЧ и выдает эти сигналы на $\Delta\Sigma$ ЦАП 82. $\Delta\Sigma$ ЦАП 82 преобразует эти сигналы в аналоговые сигналы при подготовке к дальнейшему фильтрованию полосовым фильтром 42, преобразованию с повышением частоты до диапазона радиочастот преобразователем 40 частоты, усиления усилителем 38 и передачи через антенный переключатель 22 и антенну 21.

$\Delta\Sigma$ ЦАП 82 использует сигнал 112 гетеродина, сформированный единственным гетеродином 114, для управления одноразрядным ЦАП, включенным в $\Delta\Sigma$ ЦАП 82 (как описано более подробно ниже). Сигнал 112 гетеродина также используют в качестве сигнала подстройки частоты для управления ПЦС 84, который синтезирует тактовый сигнал 102 ПЦС. Тактовый сигнал 102 ПЦС имеет частоту, отличную от частоты сигнала 112 гетеродина.

ПЦС 84 получает оцифрованный синусоидальный сигнал, соответствующий тактовому сигналу 102, из сигнала 112 гетеродина, накапливая фазовые приращения цифрового синусоидального сигнала 102 при более высокой частоте сигнала 112 гетеродина. Накопленную фазу преобразуют в оцифрованный синусоидальный сигнал 102 посредством таблицы поиска (не показана). Оцифрованный синусоидальный сигнал 102 используют в качестве опорной частоты преобразователями 98, 100 частоты для преобразования модулирующих сигналов 94, 96 в ПЧ.

Конструкция ПЦС 84 известна и описана в патенте США № 4965533 (Direct Digital Synthesizer Driven Phase Lock Loop Frequency Synthesizer). Прямой цифровой синтезатор, управляемый синтезатором частот схемы фазовой автоподстройки частоты.

Специалистам в данной области техники ясно, что ПЦС 84 может быть осуществлен как программируемый ПЦС, чей выходной тактовый сигнал 102 корректируют в ответ на ошибки передачи или приема из-за ухода частоты гетеродина и/или других связанных ошибок. Такие измерения ошибки могут быть обнаружены логическими схемами в процессоре 46 модулирующих сигналов или с помощью дополнительных схем обнаружения ошибок (не показаны).

Использование ПЦС 84 для формирования тактового сигнала 102 ПЦС устраняет необходимость в дополнительном гетеродине с дополнительной схемой ФАПЧ. ПЦС 84 намного меньше гетеродина и схемы ФАПЧ и может быть легко реализован в компактной схеме со сверхвысокой степенью интеграции (СВИС) наряду с цифровыми преобразователями 98, 100 частоты, фильтрами 90, 92, сумматором 108, схемой 110 АРУ и $\Delta\Sigma$ ЦАП 82. Кроме того, ПЦС 84 потребляет относительно малую мощность. Также использование маломощного $\Delta\Sigma$ ЦАП 82 устраняет потребность в дополнительном

многократном ЦАП, который требуется в приемопередатчике 20, изображенном на фиг.1.

Отдельный гетеродин 70 ФАПЧ (фиг.1 и 2), необходимый в обычном приемопередатчике 20 для преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ, заменен в приемопередатчике 80 по настоящему изобретению цифровым ПЦС 84. Эксплуатационные показатели схемы 44 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ, изображенной на фиг.1, улучшаются в соответствии с настоящим изобретением. В настоящем изобретении аналоговые обрабатывающие функции реализованы в цифровых схемах, а дающие паразитные сигналы многократные ЦАП 52 заменены одноразрядным дельта-сигма ЦАП 82.

В данном конкретном варианте осуществления сигнал 112 гетеродина также используют для тактирования цифровой схемы 88 преобразования ПЧ-в-модулирующие сигналы в схеме приема. В данном конкретном варианте осуществления цифровая схема 88 преобразования ПЧ-в-модулирующие сигналы содержит быстродействующий $\Delta\Sigma$ аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 116, цифровую схему 117 преобразования частоты и умножитель частоты для преобразования частоты сигнала

112 гетеродина во вторую частоту для использования в $\Delta\Sigma$ АЦП 116. Конструкция $\Delta\Sigma$ АЦП, цифровых схем преобразования частоты и умножителей частоты известна из уровня техники.

В настоящем варианте осуществления умножитель частоты 119 делит частоту (F_s) сигнала 112 гетеродина на четыре и выдает полученный сигнал гетеродина с поделенной частотой в качестве тактового сигнала на одноразрядный АЦП (не показан), включенный в $\Delta\Sigma$ АЦП 116.

Сигнал 112 гетеродина обеспечивает опорную частоту для цифровой схемы 117 преобразователя частоты для использования цифровой схемой 117 преобразователя частоты, чтобы преобразовать с понижением частоты цифровые выходные сигналы ПЧ от $\Delta\Sigma$ АЦП 116 в модулирующие сигналы 48.

Специалисту в данной области техники ясно, что цифровые функции преобразования с понижением частоты, выполняемые в цифровой схеме 88 преобразования ПЧ-в-модулирующие сигналы, могут быть осуществлены способом, аналогичным функциям преобразования с повышением частоты, выполняемым в цифровой схеме 86 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ. Также аналоговая схема 34 АРУ может быть осуществлена в виде цифровой схемы АРУ после $\Delta\Sigma$ АЦП 116 в цифровой схеме 88 преобразования ПЧ-в-модулирующие сигналы.

Конструкция схемы приема может быть осуществлена в соответствии с патентной заявкой США № 08/987306 от 9 декабря 1997 (Receiver With Delta-Sigma Analog-To-Digital Converter. Приемник с дельта-сигма аналого-цифровым преобразователем).

Специалисту в данной области техники очевидно, что цифровая схема 86 преобразования ПЧ-в-модулирующие сигналы может быть заменена другим исполнением, таким как аналоговая схема 36 преобразования ПЧ-в-модулирующие сигналы, изображенная на фиг.1, без отступления от объема настоящего изобретения. Также схема 84 ПЦС цифровой схемы 86 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ может быть реализована в схеме 88 преобразования ПЧ-в-модулирующие сигналы в дополнение или вместо осуществления в цифровой схеме 86 преобразования модулирующих сигналов-в-ПЧ. То есть выходной сигнал 102 ПЦС может использоваться схемой преобразования с понижением частоты и/или аналого-цифровыми преобразователями в схеме 88 преобразования ПЧ-в-модулирующие сигналы. К тому же схема 110 АРУ может быть реализована в аналоговом виде после $\Delta\Sigma$ ЦАП 82 без отступления от объема настоящего изобретения.

Фиг.3 является блок-схемой $\Delta\Sigma$ ЦАП 82, изображенного на фиг.2. $\Delta\Sigma$ ЦАП 82 содержит одноразрядный ЦАП 120 на выходе $\Delta\Sigma$ модулятора 122. $\Delta\Sigma$ модулятор 122 является $\Delta\Sigma$ модулятором шестого порядка. $\Delta\Sigma$ модулятор 82 имеет три основных конструктивных блока 124, также называемых резонаторами второго порядка, каскадно-включенными друг с другом. Каждый основной конструктивный блок 124 содержит объединение цифровых блоков 128 задержек (z^{-1}), усилителей 130, имеющих коэффициент усиления по напряжению α_i (где i - целочисленный индекс в пределах от 0 до 5), сумматор 132 и вычитающий блок 134. Сумматор 132 принимает в качестве параллельных входных сигналов выходные сигналы от усилителей 130. На один из усилителей 130 подают входной сигнал, выдаваемый цифровым блоком 128 задержки, входной сигнал которого является также входным для другого усилителя 130. Этот входной сигнал формируют цифровым блоком 128 задержки в последующем резонаторе 124 или, в случае выходного основного блока 124, им является имеющий форму шума выходной сигнал 127 из $\Delta\Sigma$ модулятора 82.

Первый основной конструктивный блок 124 принимает выходной сигнал цифровой схемы 110 АРУ на фиг.2 в качестве третьего входного сигнала для сумматора 132. Последующие конструктивные блоки 124 принимают выходные сигналы предыдущих основных конструктивных блоков 124 в качестве третьих входных сигналов для сумматоров 132.

Специалистам в данной области техники понятно, что способы построения основных

конструктивных блоков 124 являются общеизвестными и могут быть осуществлены с использованием программируемых матриц логических элементов.

С выхода сумматора 132 подаются сигналы в качестве входных на вычитающий блок 134. Выходной сигнал сумматора 132 проходит через цифровой блок 128 задержки, таким образом получают выходной сигнал резонатора 124. Выходной сигнал резонатора 124 проходит через другой цифровой блок 128 задержки и поступает на второй вход сумматора 132, образуя контур обратной связи.

Шум квантования моделируют линейным элементом 126 шума, который находится перед блоком формирования имеющего форму шума выходного сигнала 127.

Коэффициенты усиления по напряжению усилителей 130 выбраны так, чтобы обеспечить передаточную функцию шума и передаточную функцию сигнала, которые дают возможность $\Delta\Sigma$ модулятору 82 удовлетворить требованиям стабильности формирования шума для применения. Способы выбора коэффициентов усиления α для усилителей 130 широко известны в уровне техники. В настоящем конкретном варианте осуществления коэффициенты усиления равны: $\alpha_0=0$, $\alpha_1=3/2$, $\alpha_2=0$, $\alpha_3=-3/4$, $\alpha_4=0$, $\alpha_5=1/8$.

Одноразрядный ЦАП 120 тактируется сигналом 112 гетеродина, изображенного на фиг.2. Специалисту в данной области техники ясно, что одноразрядный ЦАП 120 может быть заменен ЦАП младших разрядов, например, 2- или 3-разрядного ЦАП, без отступления от объема настоящего изобретения. Конструкции дельта-сигма ЦАП и АЦП широко известны в уровне техники.

Таким образом, настоящее изобретение описано применительно к частному варианту осуществления для частного применения. Специалистам в данной области техники очевидны дополнительные модификации, применения и варианты осуществления в пределах его объема.

Поэтому прилагаемая формула изобретения предназначена для охвата любого и всех таких применений, модификаций и вариантов осуществления в объеме настоящего изобретения.

Формула изобретения

1. Цифровая схема для преобразования модулирующих сигналов в сигналы промежуточной частоты, содержащая источник сигналов для получения первого периодического сигнала первой частоты, средство синтеза частот для получения второго периодического сигнала второй частоты из первого периодического сигнала, средство преобразования с повышением частоты для преобразования с повышением частоты в цифровой форме модулирующих сигналов в цифровые сигналы промежуточной частоты с использованием второго периодического сигнала и средство цифроаналогового преобразования для преобразования цифровых сигналов промежуточной частоты в аналоговые сигналы промежуточной частоты с использованием первого периодического сигнала.

2. Цифровая схема по п.1, отличающаяся тем, что источник сигналов содержит генератор, управляемый напряжением.

3. Цифровая схема по п.1, отличающаяся тем, что средство синтеза частот является цифровой схемой.

4. Цифровая схема по п.3, отличающаяся тем, что средство синтеза частот содержит прямой цифровой синтезатор.

5. Цифровая схема по п.1, отличающаяся тем, что средство преобразования с повышением частоты содержит цифровой фильтр для удаления нежелательных сигналов из модулирующих сигналов и/или сигналов промежуточной частоты.

6. Цифровая схема по п.1, отличающаяся тем, что средство преобразования с повышением частоты содержит первый и второй цифровые преобразователи частоты.

7. Цифровая схема по п.1, отличающаяся тем, что средство преобразования с повышением частоты содержит цифровую схему автоматической регулировки усиления.

8. Цифровая схема по п.1, отличающаяся тем, что средство цифроаналогового

преобразователя содержит дельта-сигма-цифроаналоговый преобразователь.

9. Цифровая схема по п.8, отличающаяся тем, что дельта-сигма-цифроаналоговый преобразователь содержит дельта-сигма-модулятор, имеющий порядок выше второго.

10. Цифровая схема по п.9, отличающаяся тем, что дельта-сигма-модулятор является
5 дельта-сигма-модулятором шестого порядка.

11. Цифровая схема по п.8, отличающаяся тем, что дельта-сигма-цифроаналоговый преобразователь содержит цифроаналоговый преобразователь младших разрядов.

12. Цифровая схема по п.11, отличающаяся тем, что цифроаналоговый преобразователь является одноразрядным цифроаналоговым преобразователем.

13. Приемопередатчик, содержащий первое средство для формирования первого
10 периодического сигнала первой частоты, второе средство для формирования второго сигнала второй частоты в цифровой форме из первого периодического сигнала, третье средство, использующее первый периодический сигнал для выполнения цифроаналогового преобразования сигналов в схеме преобразования модулирующих сигналов в сигналы
15 промежуточной частоты или аналого-цифрового преобразования сигналов в схеме преобразования сигналов промежуточной частоты в модулирующие сигналы в указанном приемопередатчике, причем третье средство содержит дельта-сигма-модулятор, и четвертое средство для использования второго сигнала в качестве сигнала опорной частоты в указанной схеме преобразования модулирующих сигналов в сигналы
20 промежуточной частоты.

14. Приемопередатчик по п.13, отличающийся тем, что первое средство содержит генератор.

15. Приемопередатчик по п.13, отличающийся тем, что второе средство содержит прямой цифровой синтезатор.

16. Приемопередатчик по п.13, отличающийся тем, что третье средство содержит
25 дельта-сигма-цифроаналоговый преобразователь младших разрядов.

17. Приемопередатчик по п.16, отличающийся тем, что дельта-сигма-цифроаналоговый преобразователь младших разрядов является одноразрядным цифроаналоговым преобразователем.

18. Приемопередатчик по п.13, отличающийся тем, что дельта-сигма-модулятор является дельта-сигма-модулятором шестого порядка.

19. Приемопередатчик, содержащий средство для формирования первого периодического сигнала первой частоты, средство для приема аналогового сигнала, причем указанное средство для приема содержит средство для преобразования принятого
35 аналогового сигнала в цифровой сигнал, использующее первый периодический сигнал, средство для цифровой обработки принятого сигнала и для получения первого передаваемого сигнала, средство для передачи первого передаваемого сигнала, причем указанное средство для передачи содержит средство для преобразования первого передаваемого сигнала из цифрового вида в аналоговый, использующее первый
40 периодический сигнал, и средство для управления цифровыми схемами в указанном средстве для передачи и/или указанном средстве для приема первым периодическим сигналом.

20. Приемопередатчик по п.19, отличающийся тем, что указанное средство для управления содержит прямой цифровой синтезатор для преобразования первого
45 периодического сигнала первой частоты во второй периодический сигнал второй частоты, причем второй периодический сигнал подают в качестве входного сигнала в цифровую схему, включенную в цифровой преобразователь частоты.

21. Приемопередатчик по п.19, отличающийся тем, что указанные цифровые схемы содержат прямой цифровой синтезатор для формирования второго периодического
50 сигнала из первого периодического сигнала для использования схемами преобразования частоты сигналов в указанном средстве для передачи.

22. Приемопередатчик по п.20, отличающийся тем, что прямой цифровой синтезатор является программируемым прямым цифровым синтезатором.

23. Приемопередатчик по п.19, отличающийся тем, что указанное средство для передачи содержит дельта-сигма-цифроаналоговый преобразователь, причем указанный цифроаналоговый преобразователь имеет первый периодический сигнал в качестве входного сигнала.

5 24. Приемопередатчик по п.23, отличающийся тем, что дельта-сигма-цифроаналоговый преобразователь содержит цифроаналоговый преобразователь младших разрядов и дельта-сигма-модулятор.

25. Приемопередатчик по п.24, отличающийся тем, что цифроаналоговый преобразователь младших разрядов является одноразрядным цифроаналоговым преобразователем.

10 26. Приемопередатчик по п.24, отличающийся тем, что дельта-сигма-модулятор является дельта-сигма-модулятором шестого порядка.

27. Приемопередатчик по п.26, отличающийся тем, что дельта-сигма-модулятор содержит усилители с приблизительно следующими коэффициентами усиления: $3/2$, $-3/4$, $1/8$.

15 28. Приемопередатчик по п.19, отличающийся тем, что указанное средство для передачи содержит цифровую схему автоматической регулировки усиления для регулирования усиления первого передаваемого сигнала.

20 29. Приемопередатчик по п.28, отличающийся тем, что выходной сигнал схемы автоматической регулировки усиления является входным сигналом для дельта-сигма-аналогово-цифрового преобразователя.

30. Приемопередатчик по п.29, отличающийся тем, что указанное средство для передачи содержит цифровой фильтр нижних частот, цифровой преобразователь частоты и цифровой сумматор для получения входного сигнала для схемы автоматической регулировки усиления.

25 31. Приемопередатчик по п.19, отличающийся тем, что указанное средство для приема содержит дельта-сигма-аналогово-цифровой преобразователь.

32. Приемопередатчик по п.31, отличающийся тем, что указанное средство для приема содержит умножитель частоты, принимающий первый периодический сигнал в качестве входного сигнала и выдающий сигнал с откорректированной частотой в виде отклика.

30 33. Приемопередатчик по п.32, отличающийся тем, что сигнал с откорректированной частотой имеет частоту, которая составляет приблизительно $1/4$ частоты первого периодического сигнала.

34. Приемопередатчик по п.32, отличающийся тем, что дельта-сигма-аналогово-цифровой преобразователь принимает сигнал с откорректированной частотой в качестве входного сигнала.

35 35. Приемопередатчик по п.19, отличающийся тем, что указанное средство для формирования содержит генератор, управляемый напряжением.

36. Приемопередатчик по п.19, отличающийся тем, что указанное средство для обработки содержит процессор модулирующих сигналов.

37. Приемопередатчик с высокими эксплуатационными показателями, эффективный по габаритам и мощности, содержащий антенные средства для приема и передачи радиочастотных сигналов, первое средство преобразования для преобразования радиочастотных сигналов в сигналы промежуточной частоты и наоборот, второе средство преобразования для преобразования сигналов промежуточной частоты в модулирующие сигналы и наоборот, причем второе средство преобразования имеет единственный гетеродин, средство фильтрации для удаления нежелательных сигналов из модулирующих сигналов и сигналов промежуточной частоты, средство регулирования усиления, соединенное с указанным средством фильтрации, для регулирования усиления модулирующих сигналов и сигналов промежуточной частоты, чтобы облегчить обработку сигналов, и средство обработки модулирующих сигналов в соответствии с заданными командами приемопередатчика.

38. Приемопередатчик по п.37, отличающийся тем, что второе средство преобразования

выполняет преобразование с помощью цифровой схемы преобразования частоты.

39. Приемопередатчик по п.38, отличающийся тем, что второе средство преобразования содержит прямой цифровой синтезатор для формирования тактового сигнала с частотой, отличной от частоты сигнала, выданного первым гетеродином.

5 40. Приемопередатчик по п.37, отличающийся тем, что средство регулирования усиления содержит цифровую схему автоматической регулировки усиления, соединенную со схемой преобразования частоты.

41. Приемопередатчик по п.37, отличающийся тем, что средство обработки является процессором модулирующих сигналов сотового телефона.

10 42. Приемопередатчик по п.37, отличающийся тем, что средство фильтрации содержит полосовой фильтр передаваемых сигналов, полосовой фильтр принимаемых сигналов и, по меньшей мере, один фильтр нижних частот.

43. Приемопередатчик по п.37, отличающийся тем, что первое средство преобразования содержит первый гетеродин.

15 44. Приемопередатчик с высокими эксплуатационными показателями с эффективным оборудованием, содержащий антенное средство для приема принимаемых сигналов и передачи передаваемых сигналов, средство генератора для формирования первого периодического сигнала, сигнальный процессор для обработки передаваемых сигналов и принимаемых сигналов, схему приема, имеющую первый аналого-цифровой преобразователь, имеющий первый периодический сигнал в качестве входного сигнала, для преобразования принимаемых сигналов в модулирующие сигналы, причем модулирующие сигналы подают на вход сигнального процессора, схему передачи, имеющую схему преобразования частоты для преобразования частоты передаваемых модулирующих сигналов, принятых от указанного сигнального процессора, в сигналы 20 диапазона промежуточной частоты, прямой цифровой синтезатор для синтеза второго периодического сигнала из первого периодического сигнала для тактирования схемы преобразования частоты, первый цифроаналоговый преобразователь в схеме передачи, имеющий первый периодический сигнал в качестве входного сигнала, для преобразования сигналов диапазона промежуточной частоты в аналоговые сигналы, и схему преобразования для преобразования сигналов диапазона промежуточной частоты в сигналы частотного диапазона, подходящего для радиопередачи, и формирования передаваемых сигналов в виде отклика.

25 45. Цифровая схема для преобразования сигналов между сигналами диапазона промежуточной частоты и сигналами диапазона модулирующих сигналов, содержащая гетеродин для получения первого периодического сигнала первой частоты, дельта-сигма-преобразователь для преобразования аналоговых сигналов в цифровые сигналы и/или наоборот с использованием первого периодического сигнала, прямой цифровой синтезатор для получения второго периодического сигнала на основании первого периодического сигнала, причем второй периодический сигнал имеет вторую частоту, и средство преобразования частоты для преобразования цифровых сигналов и/или аналоговых сигналов между сигналами диапазона промежуточной частоты и модулирующими сигналами с использованием второго периодического сигнала.

45

50

