

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038280**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.08.04

(51) Int. Cl. **G01S 19/13** (2010.01)
H04W 84/06 (2009.01)

(21) Номер заявки
201892730

(22) Дата подачи заявки
2018.12.21

(54) **МНОГОКАНАЛЬНЫЙ МНОГОСИСТЕМНЫЙ РАДИОЧАСТОТНЫЙ БЛОК
СПУТНИКОВОГО НАВИГАЦИОННОГО ПРИЕМНИКА**

(43) **2020.08.31**

(56) **WO-A1-2017137878**
RU-U1-116298

(86) **PCT/IB2018/060535**

(87) **WO 2020/128601 2020.06.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ЧЕРНЯКОВСКИЙ НИКОЛАЙ
ДМИТРИЕВИЧ (BY);
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НТЛАБ-
СК" (RU)**

Eric Schäfer et al. A four-channel GNSS front-end IC for a compact interference-and jamming-robust multi-antenna Galileo/GPS receiver. IEEE, Date of Conference: 3-5 Dec. 2014 <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7045150>

(72) Изобретатель:
**Антонов Игорь Николаевич,
Колоткин Андрей Александрович
(BY)**

(74) Представитель:
Виноградов С.Г. (BY)

(57) Изобретение относится к многосистемным радиочастотным блокам спутниковых навигационных приемников и может использоваться для одновременного приема любой комбинации навигационных сигналов от нескольких навигационных систем: ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou, IRNSS, QZSS. Блок содержит три идентичных и независимых приёмных канала с изоляцией от взаимного проникновения сигнала и помех, одновременно принимающих сигналы ГЛОНАСС/GPS/Galileo/BeiDou/COMPASS/QZSS навигационных систем в различных комбинациях, и одного канала для приема сигналов S диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), L2, L3, L5 диапазонов и диапазона 65-862 МГц, в том числе и сигналов полезной информации, такой как дифференциальные коррекционные данные (RTK). Также блок содержит четыре синтезатора частоты гетеродина, формирователь квадратурных сигналов гетеродина для квадратурных смесителей для каждого канала, систему автоматической калибровки полосы фильтров промежуточной частоты для каждого канала. Три идентичных канала для приема сигналов L1, E1, B1, E6, B3, L2, L3, B2, L5, E5 диапазонов имеют переключаемый режим работы по выходу каналов с возможностью выбора действительных или комплексных выходов.

B1**038280****038280****B1**

Изобретение относится к многосистемным радиочастотным блокам спутникового навигационного приемника (СНП) и может использоваться для одновременного приема навигационных сигналов от нескольких навигационных систем: глобальной навигационной спутниковой системы России (ГЛОНАСС), глобальной системы позиционирования США (Global Positioning System - GPS), глобальной навигационной спутниковой системы Европейского союза и Европейского космического агентства (Galileo), спутниковой навигационной системы Китайской Народной Республики (BeiDou/COMPASS), региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), региональной навигационной спутниковой системы Японии (QZSS).

Известно, что одновременное использование навигатором нескольких систем снижает погрешность определения координат. Кроме того, "гибридные" навигаторы "видят" одновременно больше спутников, чем устройства, способные работать только с одной из систем, что обеспечивает большую надежность приема [1][2].

Известен многосистемный приемник сигналов (CN202533579U), содержащий радиочастотный блок, преобразователь частоты радиоканала, источник опорного сигнала гетеродина, модуль обработки сигнала, способный одновременно принимать сигнал от четырех разных спутниковых навигационных систем в широком спектре частот - GPS, ГЛОНАСС, BeiDou-1 и BeiDou-2 [3].

Недостаток такого приемника сигналов состоит в том, что он имеет один общий вход для сигнала, а также то, что для каждой из используемых спутниковых навигационных систем предусмотрен свой фиксированный канал, что ограничивает количество возможных комбинаций обрабатываемых сигналов спутниковых навигационных систем.

Известен многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника [4]. Устройство содержит четыре идентичных независимо конфигурируемых приёмных канала с высокой степенью изоляции от взаимного проникновения сигнала и помех, два синтезатора частоты гетеродина с наличием режима формирования единого сигнала гетеродина для всех четырех каналов, формирователь квадратурных сигналов гетеродина для квадратурных смесителей, систему автоматической калибровки полосы фильтров промежуточной частоты (ПЧ).

Недостатки такого приемника сигналов состоят в том, что:

- а) четырех каналов в данном приемнике недостаточно, чтобы покрыть всю сеть глобальных спутниковых навигационных систем, в том числе для принятия сигнала S-диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS) и сигналов диапазонов 65-862 МГц;
- б) четыре канала имеют только действительные выходы, что ограничивает возможности цифровой обработки выходных сигналов;
- в) четыре канала имеют входы для подключения только пассивных антенн, так как подключение активной антенны требует дополнительной разделительной емкости и схемы питания активной антенны, а также схемы переключения между пассивной и активной антеннами;
- г) синтезатор частоты гетеродина имеет целочисленный коэффициент деления, что не позволяет использовать произвольную частоту преобразования из заданного пользователем диапазона, в том числе для формирования частоты тактирования коррелятора и встроенных аналого-цифровых преобразователей (АЦП), и ограничивает выбор частотного плана.

Заявляемый многоканальный многосистемный радиочастотный блок предназначен для оптимизации работы приемных устройств потребителей при нахождении в любой точке земного пространства, повышения точности определения местонахождения приемных устройств с одновременным сохранением компактности этих устройств и для снижения энергоемкости приемных устройств.

Заявляемый многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника изготовлен по технологии "система на кристалле", в котором используют структуру приемного тракта с одним преобразованием частоты входного сигнала, для одновременной работы с любой комбинацией сигналов спутниковых навигационных систем, в том числе глобальной навигационной спутниковой системы России (ГЛОНАСС), глобальной системы позиционирования США (Global Positioning System - GPS), глобальной навигационной спутниковой системы Европейского союза и Европейского космического агентства (Galileo), спутниковой навигационной системы Китайской Народной Республики (BeiDou/COMPASS), региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), региональной навигационной спутниковой системы Японии (QZSS), содержащий три идентичных канала для приема сигналов L1, E1, B1, E6, B3, L2, L3, B2, L5, E5 диапазонов, каждый из которых содержит два маломощных усилителя (МШУ), с возможностью подключения двух совмещенных ГЛОНАСС/GPS/Galileo/BeiDou/COMPASS/QZSS антенных модулей, схему питания с детектированием подключения антенных модулей и автоматическим переключением между антенными модулями, ГЛОНАСС/GPS/Galileo/BeiDou/COMPASS/QZSS полосовой фильтр между двумя МШУ и высокочастотным усилителем, два идентичных тракта промежуточной частоты (ПЧ), каждый из которых содержит квадратный смеситель, выход которого подключен к входу аналогового коммутатора и входу общего для двух трактов ПЧ фазовращателя-сумматора, фильтр ПЧ с системой автоматической калибровки полосы фильтров ПЧ, выход которого соединен со входом усилителя промежуточной частоты (УПЧ) с регулировкой усиления, выход которого подключен ко входу выходного линейного буфера или двухбитного

аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с выбором порогов, выходы которых соединены с детектором аналогового и цифрового выходных сигналов с цифроаналоговым преобразователем (ЦАП) для управления коэффициентом усиления УПЧ, и четвертый канал для приема сигналов S диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), L2, L3, L5 диапазонов и диапазона 65-862 МГц, в том числе и сигналов полезной информации, такой как дифференциальные коррекционные данные (RTK), содержащий маломощный усилитель с перестраиваемым коэффициентом усиления, подключаемый к антенному модулю для принятия сигнала S-диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), и полосовым следящим фильтром, выход которого подключен к квадратурному смесителю S-диапазона, маломощный усилитель на три поддиапазона 65-110 МГц, 160-240 МГц и 470-862 МГц с перестраиваемым коэффициентом усиления, подключаемый к антенному модулю для приема сигналов диапазона 65-862 МГц, в том числе и сигналов полезной информации, и три полосовых следящих фильтра для принятия сигналов диапазона 65-862 МГц, выходы которых подключены к входам трех квадратурных смесителей, аналоговый коммутатор, осуществляющий выбор одного из четырех выходных сигналов смесителей для передачи в общий квадратурный тракт ПЧ, состоящий из буферного усилителя, фильтра ПЧ с системой автоматической калибровки полосы фильтров ПЧ, выход которого соединен со входом УПЧ с регулировкой усиления, сигнал с которого поступает на входы выходного линейного буфера или двухбитного АЦП с выбором порогов, выходы которых соединены с детектором аналогового и цифрового выходных сигналов с ЦАП для управления коэффициентом усиления УПЧ, а также четыре синтезатора частоты с фазовой автоподстройкой частоты для каждого канала, каждый из которых состоит из генератора управляемого напряжением, сопряженного с предварительным делителем, выход которого подключен ко входу первого из двух последовательно соединенных делителей частоты для формирования тактовой частоты корреляторов в каждом из трех каналов для приема сигналов L1, E1, B1, E6, B3, L2, L3, B2, L5, E5 диапазонов и ко входу делителя с дробным коэффициентом деления, входящий в петлю фазовой автоподстройки частоты, соединенный со входом частотно-фазового детектора, второй вход которого подключен к выходу делителя опорной частоты для формирования частоты сравнения, а выход соединен с фильтром синтезатора частоты с фазовой автоподстройкой частоты, формирователь квадратурных сигналов гетеродина для квадратурных смесителей, а также содержащий датчик температуры кристалла, стабилизаторы напряжений, последовательный интерфейс SPI для управления режимами работы составных частей и конфигурацией всего многоканального многосистемного радиочастотного блока в целом.

Каждый из трех идентичных каналов для приема сигналов диапазонов L1, E1, B1, E6, B3, L2, L3, B2, L5, E5 имеет переключаемый режим работы по выходу каналов, с возможностью выбора действительных или комплексных выходов, коммутируя квадратурные смесители I и Q напрямую через аналоговые коммутаторы к фильтрам ПЧ, и таким образом, исключая фазовращатель-сумматор из пути прохождения сигнала в каждом из каналов.

Многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника содержит коммутатор, позволяющий выбрать тактовую частоту для коррелятора и тактирования встроенных АЦП либо из частоты гетеродина, сформированной любым из трех идентичных встроенных синтезаторов частоты, расположенных в трех каналах для приема сигналов L1, E1, B1, E6, B3, L2, L3, B2, L5, E5 диапазонов, либо из опорной частоты, поступающей от внешнего опорного генератора, либо из произвольной частоты, поступающей через внешний вывод.

Синтезаторы частоты каждого канала имеют систему автоматического расчета коэффициентов деления синтезатора для заданной пользователем частоты.

Многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника содержит в четвертом приемном канале, принимающем S диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), L2, L3, L5 диапазонов и диапазона 65-862 МГц, в том числе и сигналов полезной информации, комбинированную автоматическую регулировку усиления радиочастотного тракта и тракта ПЧ с возможностью неавтоматической установки коэффициентов усиления.

Многоканальный многосистемный радиочастотный блок содержит в каждом приемном канале систему автоподстройки полосы пропускания фильтров ПЧ.

Заявляемая разработка иллюстрируется Фигурой, на которой показана структурная схема предлагаемого многосистемного радиочастотного блока спутникового навигационного приемника, изготовленного по технологии "система на кристалле".

Как видно из фигуры радиочастотный блок 1 имеет выводы 2, 3, 4, 5, 6, 7 для подключения шести GPS/ГЛОНАСС/Galileo/BeiDou/IRNSS/QZSS антенных I модулей, по два для каждого приемного канала 8, 9, 10, соответственно, и вывод 11 для подключения антенного модуля для приема сигналов S диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), L2, L3, L5 диапазонов и вывод 12 для подключения антенного модуля для приема сигналов диапазона 65-862 МГц, в том числе и сигналов полезной информации, такой как дифференциальные коррекционные данные (RTK) в канале 13.

Первый антенный модуль приемного канала 8 через вывод 2 подключен к входу МШУ 14 и второй антенный модуль через вывод 3 подключен к входу МШУ 15, выходы которых подключены к коммутатору 16, сигнал с которого идет на полосовой фильтр 17 через вывод 18.

Схема питания с детектированием 19 имеет 2 режима работы: схема 19 подключена через вывод 20 к совмещенному ГЛОНАСС/GPS/Galileo/BeiDou/Compass/QZSS второму антенному модулю и формирует напряжение питания для второго антенного модуля, детектирует подключение совмещенного второго антенного модуля, ограничивает ток по цепи питания второго антенного модуля в случае короткого замыкания и в отсутствие короткого замыкания по цепи питания второго антенного модуля осуществляет автоматическое переключение на прием сигналов через коммутатор 16 со второго антенного модуля и отключение встроенного МШУ 14 для экономии тока потребления радиочастотного блока. При отключении второго антенного модуля или возникновении короткого замыкания в цепи питания второго антенного модуля схема 19 осуществляет включение встроенного МШУ 14 и автоматическое переключение на прием сигналов от совмещенного первого антенного модуля через вывод 2;

схема 19 используется для подачи питания на иное внешнее устройство (не показано) с возможностью детектирования наличия этого устройства.

Выход полосового фильтра 17 соединен через вывод 21 с входом ВЧ усилителя 22, выход которого подключен к входам квадратурных смесителей 23 и 24, на которые поступают квадратурные гетеродинные сигналы с формирователя квадратурных сигналов гетеродина 25. Выходы квадратурных смесителей 23 и 24 подключены к входам аналоговых коммутаторов 26 и 27 и входу фазовращателя-сумматора 28, выходы которого подключены ко вторым входам аналоговых коммутаторов 26 и 27, с помощью которых осуществляется выбор режимов работы тракта ПЧ.

Приемный канал 8 имеет переключаемый режим работы по выходу, задаваемый с помощью последовательного интерфейса 29 через выводы 30:

- с комплексными выходными сигналами, коммутируя квадратурные смесители I 23 и Q 24 напрямую через аналоговые коммутаторы 26 и 27 к фильтрам ПЧ 31 и 32, и таким образом, исключая фазовращатель-сумматор из пути прохождения сигнала;

- с действительными выходными сигналами, при которых сигналы с квадратурных смесителей 23 и 24 подаются на широкополосный фазовращатель-сумматор 28, который в широком диапазоне частот осуществляет сдвиг фазы выходных сигналов с квадратурных смесителей 23 и 24 и суммирует их. При этом полезный сигнал складывается в фазе, а зеркальный сигнал по отношению к полезному - в противофазе. Фазовращатель-сумматор 28 подключен к выходам квадратурных смесителей 23 и 24 таким образом, что на одном из выходов фазовращателя-сумматора 28, соединенного с коммутатором 26 (канал I), доступна часть спектра выше частоты гетеродина, а на другом выходе, соединенном с коммутатором 27 (канал Q), доступна часть спектра ниже частоты гетеродина. Данная структура позволяет избежать блокировки приема сигналов узкополосной помехой сразу по всем системам многосистемного СНП, построенного с использованием радиочастотного блока по заявленному изобретению, что увеличивает достоверность определения координат в сложных условиях приема, то есть повышает помехоустойчивость СНП.

Приемный канал 8 содержит два идентичных тракта ПЧ. В состав трактов ПЧ входят настраиваемые фильтры ПЧ 31 и 32, входы которых подключены к выходам аналоговых коммутаторов 26 и 27, а выходы подключены к входам УПЧ 33 и 34 с автоматической регулировкой усиления (АРУ). Выходы УПЧ 33 и 34 подключены к входам дифференциальных аналоговых буферов 35 и 36, а также к входам АЦП 37 и 38, выходы которых подключены к выводам 39 и 40, через которые сигналы навигационных систем в аналоговом или цифровом виде поступают на внешний коррелятор 41. Детектирование выходных аналоговых и цифровых сигналов тракта ПЧ осуществляется детекторами 42 и 43, имеющими возможность задания уровня детектирования от двух встроенных ЦАП (не показаны), код для которых задается через блок последовательного интерфейса 29. Выходной управляющий сигнал с детекторов 42 и 43 поступает на входы управления коэффициентом усиления УПЧ 33 и 34, образуя систему АРУ УПЧ. АРУ тракта ПЧ может работать в нескольких режимах:

- с линейными дифференциальными выходами, при этом АРУ работает по выходным линейным сигналам;

- с цифровыми выходами со встроенных двухразрядных АЦП 37 и 38, пороги которых устанавливаются через последовательный интерфейс 29, а сигналы для детекторов 42 и 43 систем АРУ берутся с выходов УПЧ 33 и 34;

- с цифровыми выходами со встроенных двухразрядных АЦП 37 и 38, сигналы для детекторов 42 и 43 систем АРУ берутся с выходов АЦП 37 и 38, а порог детектирования устанавливается с помощью двух встроенных ЦАП через последовательный интерфейс 29 таким образом, что интегральный процент превышения по цифровым сигналам магнитуды равен прямому или дополнительному коду, задаваемому на двух встроенных ЦАП.

Для цифровых выходов существует возможность программирования уровня логической единицы через последовательный интерфейс 29, а для дифференциальных аналоговых выходов - возможность программирования размаха выходного напряжения.

Полоса пропускания фильтров ПЧ автоматически настраивается при включении питания радиочастотного блока с помощью системы автоподстройки 44, использующей в качестве опорной частоты часто-

ту, подаваемую с внешнего опорного генератора 45 через вывод 46. При необходимости полоса пропускания фильтров ПЧ может быть изменена установкой соответствующего кода через последовательный интерфейс 29, а также может быть инициирован запуск системы автоподстройки. Каждый фильтр может иметь индивидуально программируемую полосу пропускания. В этом случае после запуска системы автоподстройки 44 логический автомат применит коды коррекции в соответствии с задаваемой полосой пропускания.

Каналы 9, 10 идентичны каналу 8.

В приемном канале 13 антенный модуль через вывод 11 подключен к входу МШУ 47 для принятия сигнала S-диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS) и сигналов L2, L3, L5 диапазонов, снабженного системой АРУ 48, выход которого соединен со встроенным следящим фильтром 49. Сигнал со следящего фильтра 49 идет на квадратурный смеситель 50. Антенный модуль, принимающий сигналы диапазона 65-862 МГц в приемном канале 13 через вывод 12, подключен к входу МШУ 51, снабженного системой АРУ 52, выход которого соединен с коммутатором 53.

Система АРУ радиочастотного тракта в приемном канале 13 может работать в следующих режимах: полная автоматическая регулировка усиления;

ручная регулировка усиления путем задания кода через последовательный интерфейс 29;

ручная регулировка усиления путем задания напряжения через внешний вывод 54, соответствующего цифровому коду для задания уровня усиления.

Коммутатор 53 соединен со встроенными полосовыми фильтрами 55, 56 и 57 для трех поддиапазонов 65-110 МГц, 160-240 МГц и 470-862 МГц, соответственно, выходы которых подключены к входам квадратурных смесителей 58, 59 и 60, на которые поступают квадратурные гетеродинные сигналы с формирователя квадратурных сигналов гетеродина 61. Выходные сигналы квадратурных смесителей 50, 58, 59, 60 поступают через аналоговый коммутатор 62 в общий квадратурный тракт ПЧ приемного канала 13.

В состав квадратурного тракта ПЧ входят буферные усилители 63 и 64, фильтры ПЧ 65 и 66, выходы которых подключены к входам УПЧ 67 и 68 с АРУ. Выходы УПЧ 67 и 68 подключены к входам дифференциальных аналоговых буферов 69 и 70, соответственно, а также к входам АЦП 71 и 72 соответственно, выходы которых подключены к выводам 73 и 74 соответственно, через которые сигналы навигационных систем в аналоговом или цифровом виде поступают на внешний коррелятор 41. Детектирование выходных аналоговых и цифровых сигналов тракта ПЧ осуществляется детекторами 75 и 76, имеющими возможность задания уровня детектирования от двух встроенных ЦАП (не показаны), код для которых задается через блок последовательного интерфейса 29, либо через внешние выводы 77 и 78. Выходной управляющий сигнал с детекторов 75 и 76 поступает на входы управления коэффициентом усиления УПЧ 67 и 68 соответственно, образуя систему АРУ УПЧ. АРУ тракта ПЧ может работать в нескольких режимах:

с линейными дифференциальными выходами с аналоговых буферов 69 и 70, при этом АРУ работает по выходным линейным сигналам;

с цифровыми выходами со встроенных двухразрядных АЦП 71 и 72, пороги которых устанавливаются через последовательный интерфейс 29, а сигналы для детекторов 75 и 76 систем АРУ приходят с выходов УПЧ 67 и 68;

с цифровыми выходами со встроенных двухразрядных АЦП 71 и 72, сигналы для детекторов 75 и 76 систем АРУ приходят с выходов АЦП 71 и 72, а порог детектирования устанавливается с помощью двух встроенных ЦАП (не показаны) через последовательный интерфейс 29 таким образом, что интегральный процент превышения по цифровым сигналам магнитуды равен прямому или дополнительному коду, задаваемому на двух встроенных ЦАП.

Для уменьшения выходного смещения УПЧ 67 и 68, вызванного в том числе и смещением входного сигнала, предусмотрена схема аналоговой компенсации смещения по постоянному току 79 и 80, подключенная к выходам дифференциальных аналоговых буферов 69 и 70 и АЦП 71 и 72 соответственно. Сигналы компенсации смещения с систем 79 и 80 поступают на входы УПЧ, а также выходят через выводы 81 и 82 на внешние емкости для задания постоянной времени (не показаны).

В состав радиочастотного блока входят четыре синтезатора частоты 83, 84, 85 и 86. Синтезатор частоты 83 состоит из ГУН 87, дифференциальный выход которого подключен к входам формирователей квадратурных сигналов гетеродина 25 и делителя частоты ГУН 88. Выход делителя частоты ГУН 88 подключен к входу делителя частоты 88, формирующего поделенную частоту ГУН, подаваемую на ЧФД 90, и к входу делителя 91, выход которого подключен к входу делителя 91, формирующего сигнал тактовой частоты, используемый для работы внешнего коррелятора 41. На второй вход ЧФД 90 подается сигнал частоты сравнения, формируемый делителем опорной частоты 91, подаваемой с выхода внешнего опорного генератора 45 через вывод 46. Выход ЧФД 90 подключен к входу встроенного фильтра 94 синтезатора частоты 83 с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ). Выход фильтра 94 соединен с управляющим входом ГУН 87. Коэффициенты деления делителей 89, 90 и 92 программируются через последовательный интерфейс 29. Полоса синтезатора частоты 83 может быть подстроена регулировкой фильтра 94, параметры элементов которого устанавливаются через последовательный интерфейс 29. ГУН 87 имеет

систему автоматической подстройки поддиапазона, срабатывающей по включению питания многоканального многосистемного радиочастотного блока спутникового навигационного приемника или при подаче соответствующей команды через последовательный интерфейс 29.

Синтезаторы частоты 84, 85 и 86 аналогичны синтезатору частоты 83. Отличие синтезатора 86 состоит в том, что сигнал с делителя частоты ГУН 95 подается только на вход делителя частоты 96.

С помощью коммутатора 97 осуществляется выбор источника тактовой частоты коррелятора 41, которую получают либо из частоты гетеродина, сформированной любым из синтезаторов частоты 83, 84 или 85, либо из опорной частоты, поступающей с внешнего опорного генератора 45 через вывод 46, либо из частоты внешнего сигнала, подаваемой через вывод 98 на буфер 99 и на коммутатор 97. Выход коммутатора 96 подключен к коррелятору 41 через усилитель 100 и вывод 101.

Приемный тракт от выходов квадратурных смесителей каждого из четырех каналов до выходов ПЧ может быть сконфигурирован различным образом через последовательный интерфейс 29, что позволяет, в частности, повысить помехоустойчивость.

Стабилизаторы напряжения 102 для функциональных узлов (ВЧ часть, ПЧ часть) каждого канала 8, 9, 10, 13 и синтезаторов 83, 84, 85 и 86 предназначены для стабилизации рабочих режимов радиочастотного блока 1 при изменении напряжения питания, подаваемого с внешнего источника через вывод 103, уменьшения проникновения внешних помех по цепям питания и улучшения электрической изоляции между каналами.

Помимо этого, в устройстве имеется датчик температуры кристалла 104, показания с которого могут быть считаны через последовательный интерфейс 29.

Опытные образцы многоканального многосистемного радиочастотного блока спутникового навигационного приемника, спроектированные по технологии "система на кристалле", изготовлены на основе проектной документации ООО "НТЛаб-Дизайн" и собраны в 108-выводной корпус типа QFN с шагом по выводам 0,4 мм и размерами корпуса: длина - 12 мм, ширина - 12 мм, высота - 0,85 мм.

1. <http://www.nis-qlonass.ru/about-qlonass/gps/>
2. <http://cyberleninka.ru/article/n/metod-isklyucheniya-oshibok-opredeleniya-mestopolozheniya-pri-odnovremennom-ispolzovanii-navigatsionnyh-sistem>
3. CN202533579U, G01S19/13; G01S19/33, 14.11.2012
4. WO/2017/1377878, G01S19/13, 17.08.2017
<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO20171377878>

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника, изготовленный по технологии "система на кристалле" с использованием структуры приемного тракта с одним преобразованием частоты входного сигнала для одновременной работы с любой комбинацией сигналов спутниковых навигационных систем, в том числе глобальной навигационной спутниковой системы России (ГЛОНАСС), глобальной системы позиционирования США (Global Positioning System - GPS), глобальной навигационной спутниковой системы Европейского союза и Европейского космического агентства (Galileo), спутниковой навигационной системы Китайской Народной Республики (BeiDou/COMPASS), региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), региональной навигационной спутниковой системы Японии (QZSS), отличающийся тем, что содержит три идентичных канала для приема сигналов L1, E1, B1, E6, B3, L2, L3, B2, L5, E5 диапазонов, каждый из которых содержит два малошумящих усилителя (МШУ) с возможностью подключения двух совмещенных ГЛОНАСС/GPS/Galileo/BeiDou/COMPASS/QZSS антенных модулей, схему питания с детектированием подключения антенных модулей и автоматическим переключением между антенными модулями, ГЛОНАСС/GPS/Galileo/BeiDou/COMPASS/QZSS полосовой фильтр между двумя МШУ и высокочастотным усилителем, два идентичных тракта промежуточной частоты (ПЧ), каждый из которых содержит квадратурный смеситель, выход которого подключен к входу аналогового коммутатора и входу общего для двух трактов ПЧ фазовращателя-сумматора, фильтр ПЧ с системой автоматической калибровки полосы фильтров ПЧ, выход которого соединен со входом усилителя промежуточной частоты (УПЧ) с регулировкой усиления, выход которого подключен ко входу выходного линейного буфера или двухбитного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с выбором порогов, выходы которых соединены с детектором аналогового и цифрового выходных сигналов с цифроаналоговым преобразователем (ЦАП) для управления коэффициентом усиления УПЧ, и четвертый канал для приема сигналов S диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), L2, L3, L5 диапазонов и диапазона 65-862 МГц, в том числе и сигналов полезной информации, такой как дифференциальные коррекционные данные (RTK), содержащий малошумящий усилитель с перестраиваемым коэффициентом усиления, подключаемый к антенному модулю для принятия сигнала S-диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), и полосовым следящим фильтром, выход которого подключен к квад-

ратурному смесителю S-диапазона, малошумящий усилитель на три поддиапазона 65-110 МГц, 160-240 МГц и 470-862 МГц с перестраиваемым коэффициентом усиления, подключаемый к антенному модулю для приема сигналов диапазона 65-862 МГц, в том числе и сигналов полезной информации, и три полосовых следящих фильтра для принятия сигналов диапазона 65-862 МГц, выходы которых подключены к входам трех квадратурных смесителей, аналоговый коммутатор, осуществляющий выбор одного из четырех выходных сигналов смесителей для передачи в общий квадратурный тракт ПЧ, состоящий из буферного усилителя, фильтра ПЧ с системой автоматической калибровки полосы фильтров ПЧ, выход которого соединен со входом УПЧ с регулировкой усиления, сигнал с которого поступает на входы выходного линейного буфера или двухбитного АЦП с выбором порогов, выходы которых соединены с детектором аналогового и цифрового выходных сигналов с ЦАП для управления коэффициентом усиления УПЧ, а также четыре синтезатора частоты с фазовой автоподстройкой частоты для каждого канала, каждый из которых состоит из генератора управляемого напряжением, сопряженного с предварительным делителем, выход которого подключен ко входу первого из двух последовательно соединенных делителей частоты для формирования тактовой частоты корреляторов в каждом из трех каналов для приема сигналов L1, E1, B1, E6, B3, L2, L3, B2, L5, E5 диапазонов и ко входу делителя с дробным коэффициентом деления, входящий в петлю фазовой автоподстройки частоты, соединенный со входом частотно-фазового детектора, второй вход которого подключен к выходу делителя опорной частоты для формирования частоты сравнения, а выход соединен с фильтром синтезатора частоты с фазовой автоподстройкой частоты, формирователь квадратурных сигналов гетеродина для квадратурных смесителей, а также содержащий датчик температуры кристалла, стабилизаторы напряжений, последовательный интерфейс SPI для управления режимами работы составных частей и конфигурацией всего многоканального многосистемного радиочастотного блока в целом.

2. Многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника по п.1, отличающийся тем, что каждый из трех идентичных каналов для приема сигналов L1, E1, B1, E6, B3, L2, L3, B2, L5, E5 диапазонов выполнен с переключаемым режимом работы по выходу каналов, с возможностью выбора действительных или комплексных выходов, коммутируя квадратурные смесители I и Q напрямую через аналоговые коммутаторы к фильтрам ПЧ и таким образом исключая фазовращатель-сумматор из пути прохождения сигнала в каждом из каналов.

3. Многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника по любому из пп.1-2, отличающийся тем, что содержит коммутатор, позволяющий выбрать тактовую частоту для коррелятора и тактирования встроенных АЦП либо из частоты гетеродина, сформированной любым из трех идентичных встроенных синтезаторов частоты, расположенных в трех каналах для приема сигналов L1, E1, B1, E6, B3, L2, L3, B2, L5, E5 диапазонов, либо из опорной частоты, поступающей от внешнего опорного генератора, либо из произвольной частоты, поступающей через внешний вывод.

4. Многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что синтезаторы частоты каждого канала имеют систему автоматического расчета коэффициентов деления синтезатора для заданной пользователем частоты.

5. Многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что содержит в четвертом приемном канале, принимающем S диапазона региональной навигационной спутниковой системы Индии (IRNSS), L2, L3, L5 диапазонов и диапазона 65-862 МГц, в том числе и сигналов полезной информации, комбинированную автоматическую регулировку усиления радиочастотного тракта и тракта ПЧ с возможностью неавтоматической установки коэффициентов усиления.

6. Многоканальный многосистемный радиочастотный блок спутникового навигационного приемника по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что содержит в каждом приемном канале систему автоподстройки полосы пропускания фильтров ПЧ.

