(19) **RU** (11) **2 139 551** (13) **C1**

(51) МПК[6] **G 01 S 5/14, H 04 B 7/185**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 98122811/09, 16.12.1998

(24) Дата начала действия патента: 16.12.1998

(46) Дата публикации: 10.10.1999

(56) Ссылки: GLOBAL POSITIONING SYSTEM RECEVER R.F.FRONT. GEC PLESSEY SEMICONDUCTORS CP 2010 DS 4056-24 SUNE, 1995 г. RU 2090902 C1, 20.09.97. RU 2067770 C1, 10.10.96. RU 2100821 C1, 27.12.97. EP 0493784 A, 08.07.92. US 5663734 A, 02.09.97. US 5689271 A, 18.11.97.

(98) Адрес для переписки:
103460, Москва, НИИ "Научный центр"

(71) Заявитель:
Научно-исследовательский институт "Научный центр"

(72) Изобретатель: **Ефремов Н.В., Осетров П.А., Сиренко В.Г., Смаглий А.М., Садовникова А.И.**

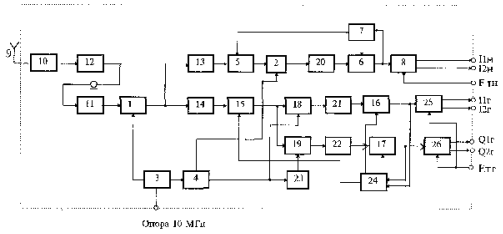
(73) Патентообладатель:
Научно-исследовательский институт "Научный центр"

(54) СВЧ-ПРИЕМНИК СИГНАЛОВ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области спутниковой радионавигации и может быть использовано в трактах первичной обработки информации приемоиндикаторов спутниковых радионавигационных систем. СВЧ-приемник спутниковых радионавигационных систем содержит первый смеситель, второй смеситель, синтезатор частоты, делитель частоты, первый усилитель промежуточной частоты, второй усилитель промежуточной частоты, первый блок автоматической регулировки усиления, первый аналого-цифровой преобразователь и дополнительно содержит антенную систему, состоящую из антенны, первого и второго полосовых фильтров и малошумящего усилителя, третий и четвертый полосовые фильтры, третий, четвертый и пятый усилители промежуточной частоты, третий и четвертый смесители, первый, второй и третий фильтры нижних частот, фазовращатель, второй блок автоматической регулировки усиления, второй и третий аналого-цифровые преобразователи.

Технический результат заключается в возможности приема и обработки сигналов с космических аппаратов системы типа "ГЛОНАСС" и системы типа "НАВСТАР" и в повышении точности измерений за счет применения вместо полосового фильтра промежуточной частоты системы типа "НАВСТАР" (с полосой пропускания 1,8 МГц) прототипа фильтра нижних частот с полосой среза 18 МГц (что соответствует ширине спектра сигнала Р-кода). 1 ил.



RU 2139551 C1

RU 2139551 C1

(19) **RU** (11) **2 139 551** (13) **C1**

(51) Int. Cl.[6] **G 01 S 5/14, H 04 B 7/185**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 98122811/09, 16.12.1998

(24) Effective date for property rights: 16.12.1998

(46) Date of publication: 10.10.1999

(98) Mail address:
103460, Moskva, NII "Nauchnyj tsentr"

(71) Applicant:
Nauchno-issledovatel'skij institut "Nauchnyj tsentr"

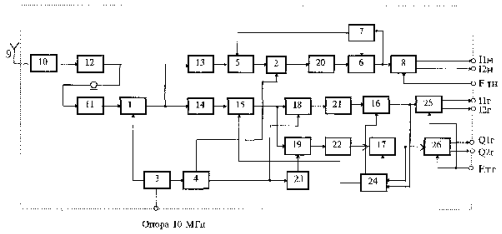
(72) Inventor: Efremov N.V.,
Osetrov P.A., Sirenko V.G., Smaglij A.M. , Sadovnikova A.I.

(73) Proprietor:
Nauchno-issledovatel'skij institut "Nauchnyj tsentr"

(54) MICROWAVE RECEIVER OF SIGNALS OF SATELLITE RADIO-NAVIGATION SYSTEMS

(57) Abstract:

FIELD: satellite radio navigation, applicable in channels of primary information processing of receiver-indicators of satellite radio-navigation systems. SUBSTANCE: microwave receiver comprises the first mixer, second mixer, frequency synthesizer, frequency divider, first IF amplifier, second IF amplifier, first automatic gain control unit, first analog-to-digital convertor and, in addition, it has an antenna system comprising an antenna, first and second band-pass filters and a noiseless amplifier, third and fourth band-pass filters, third, fourth and fifth IF amplifiers, third and fourth mixers, first, second and third low-pass filters, phase shifter, second automatic gain control unit, second and third analog-to-digital convertors. Provision is made for reception and processing of signals from space vehicles of the system, type "GLONASS", and system, type "NAVSTAR", enhanced accuracy of measurements due to employment of the prototype of low-pass filter with a shear band of 18 MHz (which corresponds to the spectrum width of P-code signal) instead of the band-pass IF filter of the system, type "NAVSTAR". EFFECT: enhanced efficiency. 1 dwg



RU 2139551 C1

RU 2139551 C1

Изобретение относится к области спутниковой радионавигации и может быть использовано в трактах первичной обработки информации приемоиндикаторов спутниковых радионавигационных систем.

Известен приемник [1] , содержащий антенное устройство, широкополосный входной фильтр, аттенюатор аналоговой высокочастотной автоматической регулировки усиления (АРУ), первый смеситель, перестраиваемый синтезатор частот (СЧ), узкополосный полосовой фильтр, первый усилитель промежуточной частоты (УПЧ), второй смеситель, генератор опорной частоты, второй УПЧ, устройство выборки и хранения отсчетов сигнала, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), цифровой процессор сигналов (ЦПС), узел автоматической регулировки усиления (АРУ), состоящий из цифроаналогового преобразователя (ЦАП) и фильтра нижних частот (ФНЧ), выход которого подключен к второму входу аттенюатора <аналоговой высокочастотной автоматической регулировки усиления и второму входу первого УПЧ. Приемник также содержит цифровой выход, снимаемый с ЦПС и аналоговый выход, когда сигнал с выхода ЦПС поступает на выход устройства через ЦАП и ФНЧ восстановления сигнала.

Недостатком приемника [1] является высокая сложность устройства, связанная с наличием перестраиваемого синтезатора частот для точной настройки на поддиапазоны принимаемых сигналов и генератора фиксированной частоты для работы второго смесителя. Кроме того, наличие второго УПЧ снижает динамический диапазон устройства, что приводит к усложнению АЦП, АРУ, а также делает затруднительным его использование для обработки сигналов спутниковых радионавигационных систем.

Указанные недостатки частично устранены в приемнике [2], который содержит антенное устройство, малошумящий усилитель (МШУ), фильтр первого зеркального канала (ФЗК1) - первый смеситель, первый умножитель частоты (УЧ1) в n раз, фильтр, предварительный усилитель первой промежуточной частоты, фильтр второго зеркального канала, второй смеситель, второй умножитель частоты, на вход которого поступает сигнал от синтезатора точной сетки, усилитель второй промежуточной частоты, охваченный цепью АРУ. Преимуществом данного приемника является достаточно широкий динамический диапазон входного сигнала, а также возможность устойчивой работы в случае приема сигналов СВЧ-диапазона. Однако применение двух умножителей частоты соответственно в n и m раз приводит к увеличению уровня фазовых шумов (пропорционально логарифму n и m). Данный недостаток приводит к существенному увеличению коэффициента шумов приемного тракта и, как следствие, снижению соотношения сигнал/шум на выходе устройства.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому приемнику является радиочастотный блок приемника GPS (глобальная навигационная система "NAVSTAR") [3], фирмы GEC PLESSEY SEMICONDUCTORS" (США), который включает в себя три смесителя, синтезатор частоты, состоящий из генератора управляемого напряжением, фильтра ФАПЧ (фазовая автоподстройка частоты), фазового детектора, делителя, опорный генератор, три усилителя промежуточной частоты, АРУ, полосовой фильтр и аналого-цифровой преобразователь.

Преимуществом устройства [3] по сравнению с [1] является простота синтезатора частот, а по сравнению с [2] является малый уровень фазовых шумов, что увеличивает соотношение сигнал/шум на выходе приемника, позволяющее увеличить точность измерения координат, скорости, текущего времени аппаратурой приемоиндикатора.

Задачей изобретения является:

- возможность приема и обработки сигналов с космических аппаратов (КА) системы типа "Глонасс" (ВТ и ПТ-коды) и системы типа "Навстар" (С/А и Р-коды);

- повышение точности измерений за счет применения вместо полосового фильтра промежуточной частоты (ПЧ) системы типа "Навстар" (с полосой пропускания 1,8 МГц) прототипа фильтра нижних частот с полосой среза 18 МГц (что соответствует ширине спектра сигнала Р-кода);

- реализация указанного приемника с помощью двух смесителей и двух усилителей промежуточной частоты с целью упрощения СВЧ-приемника в части приема и обработки сигналов, системы типа "Навстар " и устранения комбинационных составляющих, которые неизбежно возникают при тройном преобразовании частоты в канале приемника;

- реализация возможности совместной обработки сигналов систем "Навстар" и "Глонасс" при двойном преобразовании частоты (в прототипе используется три преобразования частоты), за счет выбора гетеродинных частот (f_{r1} = 1440 МГц, f_{r2H} = 144 мГц, f_{r2r} = 160 МГц), формируемых от одного синтезатора частоты;

- возможность обработки сигналов с КА системы "Глонасс" в квадратуре, сужающей полосу сигнала, что обеспечивает дальнейшую цифровую обработку на пониженной частоте.

Указанные преимущества перед прототипом достигаются за счет того, что в СВЧ-приемник сигналов спутниковых радионавигационных систем, содержащий первый смеситель, второй смеситель, синтезатор частоты, делитель частоты, первый усилитель промежуточной частоты, второй усилитель промежуточной частоты, первый блок автоматической регулировки усиления, первый аналого-цифровой преобразователь, первый и второй выходы которого соединены с первым и вторым выходами СВЧ-приемника, первый вход которого соединен с первым входом АЦП, второй вход которого соединен со вторым усилителем промежуточной частоты, первый выход первого блока АРУ соединен с первым входом первого усилителя промежуточной частоты, выход которого соединен со вторым входом второго смесителя, первый выход синтезатора соединен с первым входом первого смесителя, первый выход делителя соединен с первым входом второго смесителя, второй вход СВЧ-приемника соединен со входом синтезатора частоты,

RU 2139551 C1

RU 2139551 C1

второй выход которого соединен с первым входом делителя, дополнительно введены антенная система, состоящая из антенны, первого и второго полосовых фильтров и малошумящего усилителя, третий и четвертый полосовые фильтры, третий, четвертый и пятый усилители промежуточной частоты, третий и четвертый смесители, первый, второй и третий фильтры нижних частот, фазовращатель, второй блок АРУ, второй и третий АЦП, третий, четвертый, пятый и шестой выходы которых соединены с третьим, четвертым, пятым и шестым выходами СВЧ-приемника соответственно, третий вход которого соединен с первыми входами второго и третьего АЦП, вторые входы которых соединены с выходами четвертого и пятого усилителей промежуточной частоты, первые входы которых соединены с выходами второго и третьего фильтров нижних частот, входы которых соединены с выходами третьего и четвертого смесителей, входы которых соединены с выходом третьего усилителя промежуточной частоты, вход которого соединен с выходом четвертого полосового фильтра, вход которого соединен с выходом первого смесителя и входом третьего полосового фильтра, выход которого соединен со вторым входом первого усилителя промежуточной частоты, причем антенна соединена с первым входом первого полосового фильтра, выход которого соединен со входом малошумящего усилителя, выход которого соединен со входом второго полосового фильтра, выход которого соединен со вторым входом первого смесителя, второй выход делителя соединен со входом фазовращателя и вторым входом третьего смесителя, выход фазовращателя соединен со вторым входом четвертого смесителя, причем первый, второй и третий выходы второго блока АРУ соединены со вторыми входами третьего, четвертого и пятого усилителей промежуточной частоты, первый и второй входы второго блока АРУ соединены с выходами четвертого и пятого усилителей промежуточной частоты.

На чертеже представлена функциональная схема СВЧ-приемника сигналов спутниковых радионавигационных систем.

Согласно изобретению СВЧ-приемник спутниковых радионавигационных систем содержит первый смеситель 1, второй смеситель 2, синтезатор частоты 3, делитель частоты 4, первый усилитель промежуточной частоты 5, второй усилитель промежуточной частоты 6, первый блок автоматической регулировки усиления 7, первый аналого-цифровой преобразователь 8, первый и второй выходы которого соединены с первым и вторым выходами СВЧ-приемника, первый вход которого соединен с первым входом АЦП 8, второй вход которого соединен со вторым усилителем промежуточной частоты 6, первый выход первого блока АРУ 7 соединен с первым входом первого усилителя промежуточной частоты 5, выход которого соединен со вторым входом второго смесителя 2, первый выход синтезатора 3 соединен с первым входом первого смесителя 1, первый выход делителя 4 соединен с первым входом второго смесителя 2, второй вход СВЧ-приемника соединен со входом синтезатора частоты 3, второй выход которого соединен с первым входом делителя.

СВЧ-проиемник спутниковых радионавигационных систем дополнительно содержит антенную систему, состоящую из антенны 9, первого 10 и второго 11 полосовых фильтров и малошумящего усилителя 12, третий 13 и четвертый 14 полосовые фильтры, третий 15, четвертый 16 и пятый 17 усилители промежуточной частоты, третий 18 и четвертый 19 смесители, первый 20, второй 21 и третий 22 фильтры нижних частот, фазовращатель 23, второй блок АРУ 24, второй 25 и третий 26 АЦП, третий, четвертый, пятый и шестой выходы которых соединены с третьим, четвертым, пятым и шестым выходами СВЧ-приемника соответственно, третий вход которого соединен с первыми входами второго 25 и третьего 26 АЦП, вторые входы которых соединены с выходами четвертого 16 и пятого 17 усилителей промежуточной частоты, первые входы которых соединены с выходами второго 21 и третьего 22 фильтров нижних частот входы которых соединены с выходом третьего 18 и четвертого 19 смесителей, входы которых соединены с выходами третьего усилителя промежуточной частоты 15, вход которого соединен с выходом четвертого полосового фильтра 14, вход которого соединен с выходом первого смесителя 1 и входом третьего полосового фильтра 13, выход которого соединен со вторым входом первого усилителя промежуточной частоты 5, причем антенна 9 соединена с первым входом первого полосового фильтра 10, выход которого соединен со входом малошумящего усилителя 12, выход которого соединен со входом второго полосового фильтра 11, выход которого соединен со вторым входом первого смесителя 1, второй выход делителя 4 соединен со входом фазовращателя 23 и вторым входом третьего смесителя 18, выход фазовращателя 23 соединен со вторым входом четвертого смесителя 19, причем первый, второй и третий выходы второго блока АРУ 24 соединены со вторыми входами третьего 15, четвертого 16 и пятого 17 усилителей промежуточной частоты, первый и второй входы второго блока АРУ 24 соединены с выходами четвертого 16 и пятого 17 усилителей промежуточной частоты.

Заявляемое устройство работает следующим образом.

На вход антенны СВЧ-приемника поступают сигналы с космических аппаратов двух радионавигационных систем типа "ГЛОНАСС" и "НАВСТАР" Si, которые в двух диапазонах принимаемых частот

L_1 - "НАВСТАР" и F_1 - "ГЛОНАСС" можно представить в виде:

$$S_iL_1(t) = P_i(t)D_i(t)\cos(\omega_iL_1 \bullet t+\varphi_iL_1), \quad (1)$$

$$S_iF_1(t) = P_i(t)D_i(t)\cos(\omega_iF_1 \bullet t+\varphi_iF_1), \quad (2)$$

где $P_i(t)$ = псевдослучайная огибающая i-го КА, i = I..n;

$D_i(t)$=навигационное сообщение i-го КА;

φ_iL_1 и φ_iF_1 - начальные фазы принимаемых сигналов.

ω_iL_1 и ω_iF_1 - несущие частоты в диапазонах L_1 и F_1 от i-го КА;

t - текущее время.

Амплитудно-частотная характеристика

RU 2139551 C1

RU 2139551 C1

приемного такта определяется спектрами принимаемых сигналов. Спектр системы космических аппаратов типа "НАВСТАР" при работе по С/А коду составляет 1575,42 ± 1 МГц, а спектр сигналов космических аппаратов системы "ГЛОНАСС" при работе ПТ и ВТ кодов составляет 1602+9/16•n ± 5,11 МГц, где n = -7...+12. Принимаемые сигналы от космических аппаратов проходят последовательно соединенные антенную систему 9, первый широкополосный полосовой фильтр 10, малошумящий усилитель 12, второй широкополосный полосовой фильтр 11, после чего поступают на вход первого смесителя 1. Антенная система служит для приема сигналов КА. Широкополосные полосовые фильтры служат для ограничения полосы частот принимаемых сигналов (fc) в диапазоне 1566...1614 МГц и выполнены на микрополосковых линиях. Малошумящий усилитель 12 обеспечивает превышение полезных сигналов над шумами приемника и компенсирует потери в широкополосных полосовых фильтрах. На второй вход смесителя 1 поступает частота fr_1 = 1440 МГц от синтезатора частоты 3. На выходе смесителя 1, выполненного по балансной схеме, происходит выделение сигнала разностной (промежуточной) частоты fnp_1 = fc - fr_1, после чего сигнал разностной частоты поступает на два узкополосных полосовых фильтра 13 и 14, которые настроены на первые промежуточные частоты сигналов космических аппаратов системы типа "НАВСТАР", т.е. на. частоту 126...144 МГц и системы типа "ГЛОНАСС", т.е. на частоту 153...172 МГц, обеспечивая тем самым дальнейшую раздельную обработку сигналов двух систем. Основное усиление приемного тракта обеспечивается усилителями промежуточных частот 5, 6 для системы "НАВСТАР" и 15, 16, 17 для системы "ГЛОНАСС". Для обеспечения постоянства выходных уровней сигнала усилители промежуточных частот охвачены автоматической регулировкой усиления, выполненной на блоках 7 и 24. С выхода фильтра 13 сигнал системы "НАВСТАР" через усилитель промежуточной частоты 5 поступает на смеситель 2, где происходит дальнейшее понижение частоты. На второй вход смесителя 2 поступает частота fr_2 = 144 МГц с делителя частоты 4. С выхода смесителя 2 сигнал второй промежуточной частоты fnp_2 = fr_2 - fnp_1 (4. . .9 МГц) поступает на фильтр нижних частот 20, а затем через усилитель второй промежуточной частоты 6 на аналого -цифровой преобразователь 8. В отличие от системы "НАВСТАР" дальнейшая обработка сигнала "ГЛОНАСС" происходит в квадратуре, что необходимо для сужения спектра принимаемого сигнала. С выхода фильтра 14 сигнал системы "ГЛОНАСС" через усилитель промежуточной частоты 15 поступает на смесители 18 и 19. На вторые входы смесителей 18,19 поступает частота fr_2 = 160 МГц с делителя частоты 4, причем на смеситель 19 частота поступает через фазовраздатель на 90° 23, чем и достигается квадратура. С выхода смесителей 18, 19 сигналы второй промежуточной частоты $fnp_2(I)$ = $fnp_2(Q)$ = fr_2 - fnp_1(-12...+8 МГц) поступают на фильтры нижних частот 21, 22, а затем через усилители второй промежуточной частоты 16, 17 на аналого-цифровые преобразователи 25, 26. Фильтры нижних частот 21 и 22 идентичны и для простоты реализации выполнены активными на RC-цепочках с частотой среза 12,5 МГц, а фильтр нижней частоты 20 на частоте среза 18 МГц. На выходе приемника стоят двухразрядные аналого-цифровые преобразователи 8, 25 и 26, 8 - для канала системы "НАВСТАР", 25 - для синфазного канала системы "ГЛОНАСС" и 26 - для квадратурного канала системы "ГЛОНАСС".

По сравнению с устройством-прототипом [3] в заявляемом СВЧ-приемнике достигнуты следующие преимущества:

а) обеспечивается одновременный прием и обработка сигналов космических аппаратов двух систем типа "ГЛОНАСС" и "НАВСТАР";

б) обеспечивается повышение точности измерений за счет применения вместо полосового фильтра промежуточной частоты системы типа "НАВСТАР" прототипа (с полосой пропускания 1,8 МГц) фильтра нижних частот с полосой среза 18 МГц (что соответствует ширине спектра сигнала Р-кода);

в) обеспечивается реализация указанного приемника с помощью двух смесителей и двух усилителей промежуточной частоты с целью упрощения СВЧ-приемника в части приема и обработки сигналов системы типа " НАВСТАР" и устранения комбинационных составляющих, которые неизбежно возникают при тройном преобразовании частоты в канале приемника;

г) обеспечивается реализация возможности совместной обработки сигналов систем "НАВСТАР" и "ГЛОНАСС" при двойном преобразовании частоты за счет выбора гетеродинных частот (fr_1 = 1440 МГц, fr_{2H} = 144 МГц, fr_{2r} = 160 МГц), формируемых от одного синтезатора частоты.

Источники информации

1. Гролинг Р., Ручак С. Субдискретизации в цифровом радиоприемнике. Электроника, 1991, N 10, с.30.

2. Колоколов Ю.Д. Солошек Л.К. Состояние и перспективы разработки аппаратуры линейных трактов приемников и возбудителей передатчиков.

3. GLOBAL POSITIONING SYSTEM RECEIVER RF FRONT. GEC Plessey Semiconductors GP2010 DS 4056-24 JUNE 1995 г.

Формула изобретения:

СВЧ-приемник сигналов спутниковых радионавигационных систем, содержащий первый смеситель, второй смеситель, синтезатор частоты, делитель частоты, первый усилитель промежуточной частоты, второй усилитель промежуточной частоты, первый блок автоматической регулировки усиления, первый аналого-цифровой преобразователь, первый и второй выходы которого соединены с первым и вторым выходами СВЧ-приемника, первый вход которого соединен с первым входом АЦП, второй вход которого соединен со вторым усилителем промежуточной частоты, первый выход первого блока АРУ соединен с первым входом первого усилителя промежуточной частоты, выход которого соединен со вторым

RU 2139551 C1

RU 2139551 C1

входом второго смесителя, первый выход синтезатора соединен с первым входом первого смесителя, первый выход делителя соединен с первым входом второго смесителя, второй вход СВЧ-приемника соединен со входом синтезатора частоты, второй выход которого соединен с первым входом делителя, отличающийся тем, что в него дополнительно введены антенная система, состоящая из антенны, первого и второго полосовых фильтров и малошумящего усилителя, третий и четвертый полосовые фильтры, третий, четвертый и пятый усилители промежуточной частоты, третий и четвертый смесители, первый, второй и третий фильтры нижних частот, фазовращатель, второй блок АРУ, второй и третий АЦП, третий, четвертый, пятый и шестой выходы которых соединены с третьим, четвертым, пятым и шестым выходами СВЧ-приемника соответственно, третий вход которого соединен с первыми входами второго и третьего АЦП, вторые входы которых соединены с выходами четвертого и пятого усилителей промежуточной частоты, первые входы которых соединены с выходами второго и третьего фильтров нижних частот, входы которых соединены с выходами третьего и четвертого смесителей, входы которых соединены с выходом третьего усилителя промежуточной частоты, вход которого соединен с выходом четвертого полосового фильтра, вход которого соединен с выходом первого смесителя и входом третьего полосового фильтра, выход которого соединен со вторым входом первого усилителя промежуточной частоты, причем антенна соединена с первым входом первого полосового фильтра, выход которого соединен со входом малошумящего усилителя, выход которого соединен со входом второго полосового фильтра, выход которого соединен со вторым входом первого смесителя, второй выход делителя соединен со входом фазовращателя и вторым входом третьего смесителя, выход фазовращателя соединен со вторым входом четвертого смесителя, причем первый, второй и третий выходы второго блока АРУ соединены со вторыми входами третьего, четвертого и пятого усилителей промежуточной частоты, первый и второй входы второго блока АРУ соединены с выходами четвертого и пятого усилителей промежуточной частоты.

RU 2139551 C1

RU 2139551 C1