



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2017115688, 03.05.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.05.2017Дата регистрации:
04.10.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.05.2017

(45) Опубликовано: 04.10.2017 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

191187, Санкт-Петербург, наб. Кутузова, 10,
Гренков Сергей Александрович

(72) Автор(ы):

Гренков Сергей Александрович (RU),
Кольцов Николай Ефимович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт прикладной
астрономии Российской академии наук
(ИПА РАН) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: О.СТАРИКОВ "ПРЯМОЙ
ЦИФРОВОЙ СИНТЕЗ ЧАСТОТЫ И ЕГО
ПРИМЕНЕНИЕ", ИНЖЕНЕРНАЯ
ПРАКТИКА, 3, 2002 г., стр. 56-64. RU 122810
U1, 10.12.2012. RU 2239281 C2, 27.10.2004. US
4484296 A, 20.11.1984.**(54) ЦИФРОВОЙ ГЕТЕРОДИН ДЛЯ ВИДЕОКОНВЕРТОРА**

(57) Реферат:

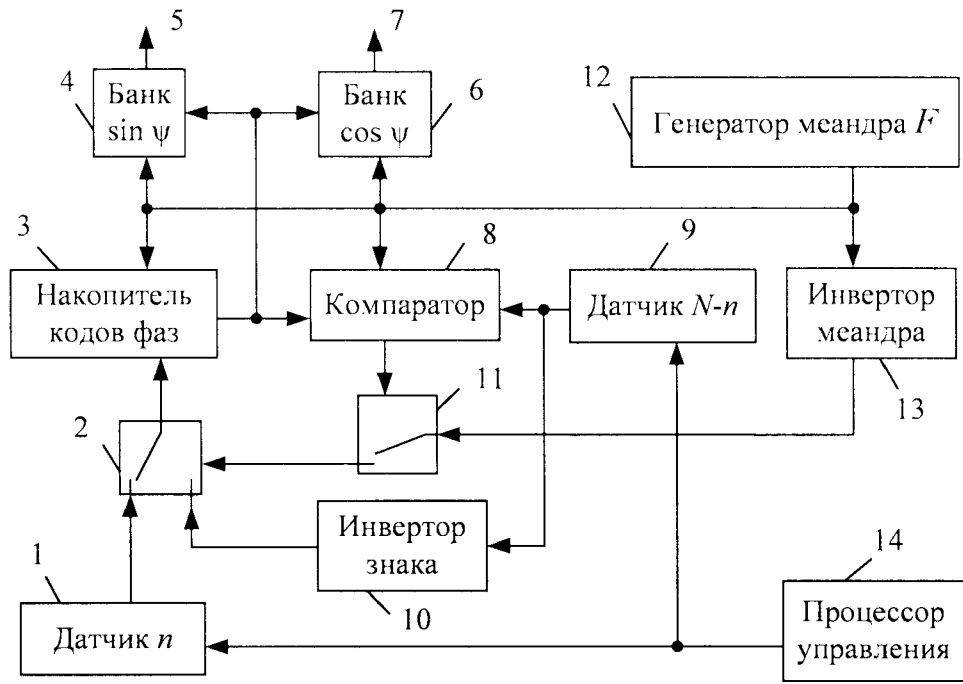
Полезная модель относится к радиотехническим устройствам генерации сигналов и предназначена для использования в качестве гетеродина видеоконвертора в радиоастрономических системах преобразования и в другой радиотехнической аппаратуре.

Гетеродин относится к генераторам прямого синтеза частот, которые содержат высокостабильный генератор импульсов тактовой частоты F , датчик кода n , определяющий шаг перестройки частоты Δf и рабочую частоту $f = n\Delta f$, суммирующий накопитель кодов фаз гетеродинного сигнала и банк кодов гетеродинных сигналов, записанных для $N = F/\Delta f$ значений фаз в пределах одного периода гармонического сигнала. Известные генераторы работают только при определенных отношениях тактовой частоты и шага перестройки, а именно при $F/\Delta f = 2^m$, где m - целое положительное число.

Целью полезной модели является обеспечение

работы при любых целочисленных отношениях $F/\Delta f$ и возможности независимого выбора F и Δf .

Эта цель достигается тем, что введены компаратор, соединенный одним входом с выходом упомянутого суммирующего накопителя кодов, а другим входом - с датчиком разностного кода, и коммутатор, выход которого соединен со входом упомянутого суммирующего накопителя кодов, первый вход - с упомянутым датчиком кода частоты, второй вход подключен через инвертор знака к выходу датчика разностного кода, а установочный вход соединен с выходом упомянутого генератора меандра тактовой частоты через последовательно соединенные инвертор меандра и ключ, управляющий вход которого соединен с выходом компаратора, причем тактирующий вход компаратора соединен с выходом упомянутого меандра тактовой частоты, а установочный вход датчика разностного кода - с упомянутым процессором управления.



Полезная модель относится к радиотехническим устройствам генерации сигналов и предназначена для использования в качестве гетеродина видеоконвертора в радиоастрономических системах преобразования и в другой радиотехнической аппаратуре.

5 В современных СПРС используются по 14-16 видеоконверторов с перестраиваемыми гетеродинами на аналоговых дискретных элементах (статьи «Цифровая радиointерферометрическая система преобразования сигналов» / С.А. Гренков, Е.В. Носов, Л.В. Федотов, Н.Е. Кольцов // Приборы и техника эксперимента №5, 2010, с. 60-66 или «The Very Long Baseline Array» / P.J. Napier, D.S. Bagri and etc. // Proceedings of the IEEE, Volume 82, Issue 5, 2002, pp. 658-672). СПРС, содержащие большое число
10 видеоконверторов с аналоговыми гетеродинами, имеют большие габариты и массу, из-за чего они устанавливаются в наземных помещениях и соединяются с приемниками, установленными на подвижной антенне, кабельными линиями передачи широкополосных шумовых сигналов. Это увеличивает искажения сигналов, снижает
15 надежность и стабильность параметров аппаратуры, повышает эксплуатационные расходы.

На новых радиотелескопах с небольшими быстроповоротными антеннами цифровые системы преобразования и форматирования (ЦСПФ), которые преобразуют в цифровую форму шумовой сигнал с широким (до 512 или до 1024 МГц) спектром, устанавливаются
20 рядом с приемниками в антенной кабине, откуда потоки данных передаются по цифровым волоконно-оптическим линиям (патент на полезную модель № 122810 «Система преобразования и регистрации сигналов для радиоастрономического интерферометра», опубл. 10.12.2012, Бюл. № 34 или статью «Цифровая система преобразования сигналов для астрономических радиointерферометров» / Кольцов
25 Н.Е., Маршалов Д.А. и др. // Известия вузов России. Радиоэлектроника, 2014. № 1, с. 34-40). Но эти радиотелескопы не могут работать в составе радиointерферометров с большинством радиотелескопов, так как там применяются традиционные СПРС, регистрирующие сравнительно узкополосные (обычно 8 или 16 МГц) видеосигналы. Чтобы на перспективных радиотелескопах с ЦСПФ обеспечить возможность выделения
30 и регистрации видеосигналов, нужны цифровые видеоконверторы с перестраиваемыми цифровыми гетеродинами в микроминиатюрном исполнении, например, на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС).

Наиболее близким к заявляемой модели является цифровой синтезатор частот, описание схемы и принципа действия которого дано в статье «Прямой цифровой синтез
35 частоты и его применение» (О. Стариков // Инженерная практика, № 3, 2002. с. 56-64). Этот синтезатор (прототип) содержит соединенные датчик кода n , определяющего рабочую частоту f генерируемого сигнала, сумматор со строго определенным числом разрядов, суммирующий накопитель кодов и банк кодов гармонического сигнала. В банке хранятся коды гармонического сигнала, записанные для N значений фаз ψ в
40 пределах одного периода гармонического колебания. При изменении фаз ψ с шагом n банки формируют гетеродинные сигналы $A \cos(2\pi f t)$ и $A \sin(2\pi f t)$ с частотой $f = nF/N$, где t - текущее время, задаваемое тактовой частотой F , A - амплитуда. Циклическое (в пределах 2π) изменение фаз с требуемым шагом обеспечивается сумматором с ограниченной разрядностью и накопителем кодов.

45 В этом устройстве шаг Δf перестройки частоты всегда связан с тактовой частотой F соотношением $F/\Delta f = 2^m$, где m - целое положительное число. Для гетеродинов видеоконверторов радиоастрономических систем это условие недопустимо, так как здесь аналого-цифровые преобразователи шумовых сигналов, цифровые фильтры и

другие элементы работают с тактовыми частотами в мегагерцах, всегда кратными целым степеням двух (например, 2^5 МГц, 2^9 МГц, 2^{10} МГц). С такими же тактовыми частотами на смесители (перемножители) цифровых видеоконверторов должны поступать гетеродинные сигналы. Но при этом гетеродины должны перестраиваться с шагом 0,01 МГц, так как рабочие частоты гетеродинов обычно смещают на 0,01 МГц от целочисленных значений, чтобы в полосе пропускания видеоконвертора не было сигналов фазовой калибровки с кратными частотами. Прототип этого не обеспечивает.

Целью заявляемой модели является получение гетеродинных сигналов, частоты которых можно устанавливать с шагом, не зависящим от тактовой частоты, т.е. при произвольном соотношении значений Δf и F .

Эта цель достигается тем, что в гетеродин, содержащий датчик кода частоты, соединенный установочным входом с процессором управления, суммирующий накопитель кодов, соединенный по выходу с адресными входами банка кодов синусного сигнала и банка кодов косинусного сигнала, и генератор меандра тактовой частоты, соединенный с тактирующими входами суммирующего накопителя и обоих банков кодов, введены компаратор, соединенный одним входом с выходом упомянутого суммирующего накопителя кодов, а другим входом - с датчиком разностного кода, и коммутатор, выход которого соединен со входом упомянутого суммирующего накопителя кодов, первый вход - с упомянутым датчиком кода частоты, второй вход подключен через инвертор знака к выходу датчика разностного кода, а установочный вход соединен с выходом упомянутого генератора меандра тактовой частоты через последовательно соединенные инвертор меандра и ключ, управляющий вход которого соединен с выходом компаратора, причем тактирующий вход компаратора соединен с выходом упомянутого меандра тактовой частоты, а установочный вход датчика разностного кода - с упомянутым процессором управления.

По заданному шагу частотной перестройки Δf и коду частоты n устанавливается рабочая частота гетеродина $f = n \Delta f = nF/N$.

Необходимое число отсчетов фаз в банках кодов гармонических сигналов здесь определяется отношением $N = F/\Delta f$ тактовой частоты к шагу перестройки. Рабочие частоты гетеродина определяются аналогично прототипу, но шаг перестройки частоты выбирается независимо от F .

Гетеродин может перестраиваться в диапазоне частот от $f_{\min} = \Delta f$ (при $n=1$) до f_{\max} (при $n=n_{\max}$). Значение f_{\max} должно быть меньше, чем $0,5F$, и, соответственно, $n_{\max} < 0,5N$, так как гетеродинный сигнал должен быть представлен не менее чем двумя выборками за один период колебаний.

Структурная схема полезной модели показана на рисунке, где обозначено:

- 1 - датчик кода частоты n ;
- 2 - коммутатор;
- 3 - суммирующий накопитель кодов фаз;
- 4 - банк кодов синусного сигнала;
- 5 - выход кодов синусного сигнала;
- 6 - банк кодов косинусного сигнала;
- 7 - банк кодов косинусного сигнала;
- 8 - выход кодов косинусного сигнала;
- 9 - датчик разностного кода $(N-n)$;
- 10 - инвертор знака разностного кода;
- 11 - ключ;

12 - генератор меандра тактовой частоты F ;

13 - инвертор меандра;

14 - процессор управления.

Датчик кода частоты 1 соединен с первым входом коммутатора 2, выход которого
 5 соединен со входом накопителя кодов 3. Выход накопителя 3 соединен с адресными
 входами банков кодов 4 и 6 и с первым входом компаратора 8. Датчик разностного
 кода 9 соединен со вторым входом компаратора 8 и через инвертор знака 10 со вторым
 входом коммутатора 2. Установочные входы датчиков 1 и 9 соединены с процессором
 управления 14. Выход генератора меандра 12 соединен с тактирующими входами
 10 накопителя 3, банков кодов 4 и 6 и компаратора 8, а через инвертор 13 он соединен со
 входом ключа 11, выход которого соединен с установочным входом коммутатора 2.
 Установочный вход ключа 11 соединен с выходом компаратора 8. Выход 5 банка 4 и
 выход 7 банка 6 являются выходами генерируемых гетеродинных сигналов.

При включении гетеродина процессор 14 вводит в память датчика 1 код n ,
 15 определяющий шаг изменений фаз ψ гетеродинных сигналов и, соответственно, их
 частоту $f=nF/N$, а в память датчика 9 - код разности $(N-n)$. В исходном состоянии
 накопитель кодов 3 обнулен, коммутатор 2 соединяет его с датчиком 1, а на выходе
 компаратора 8 нулевой потенциал, при котором ключ 11 разомкнут. С выхода
 генератора 12 поступает основной меандр тактовой частоты F , передними фронтами
 20 которого тактируется работа всех узлов гетеродина, а с выхода инвертора 13 поступает
 инвертированный меандр той же частоты, который смещен на полпериода относительно
 основного меандра.

На каждом такте код в накопителе 3, определяющий текущие значения фаз ψ
 гетеродинных сигналов, увеличивается на величину n . Соответственно меняются фазы
 25 ψ и коды гетеродинных сигналов на выходах 5 и 7. Так продолжается до того такта,
 на котором набранный накопителем 3 код станет равным значению $(N-n)$ или
 превышающим его. В результате обработки операций этого такта на выходе
 компаратора 8, сравнивающего выходные коды накопителя 3 со значением $(N-n)$,
 появляется потенциал, при котором ключ 11 переводится в замкнутое состояние.
 30 Ближайший после этого момента импульс инвертированного меандра проходит через
 ключ 11 и переключает коммутатор 2 на второй вход, куда с инвертора 10 подается
 код $(n-N)$. На следующем такте вычислений этот код суммируется в накопителе 3 с
 ранее набранным кодом, в результате чего суммарный код уменьшается на N , и в
 накопителе 3 фиксируется только остаток, который может находиться в пределах от 0
 35 до $n-1$ включительно. Этот остаток всегда меньше чем $N-n$. Поэтому выходной потенциал
 компаратора 8 обнуляется, вследствие чего ключ 11 переводится в исходное
 (разомкнутое) состояние, и коммутатор 2 также возвращается в исходное состояние,
 когда он по первому входу транслирует код частоты n . С приходом следующего
 тактового импульса начинается очередной цикл накопления кодов, протекающий
 40 аналогично предыдущему. Значения фаз гетеродинных сигналов меняются с заданным
 постоянным шагом циклически, оставаясь в пределах 2π . Это гарантирует формирование
 кодов гетеродинных сигналов заданной частоты.

Заявляемая модель проверена экспериментально. В макете на базе ПЛИС типа
 XC7K325T были сформированы 16 цифровых видеоконверторов с заявляемыми
 45 гетеродинами, которые работали с тактовой частотой 128 МГц и перестраивались в
 диапазоне частот 8...56 МГц с шагом 10 кГц.

(57) Формула полезной модели

Цифровой гетеродин для видеоконвертора, содержащий датчик кода частоты, соединенный установочным входом с процессором управления, суммирующий накопитель кодов, соединенный по выходу с адресными входами банка кодов синусного сигнала и банка кодов косинусного сигнала, и генератор меандра тактовой частоты, соединенный с тактирующими входами суммирующего накопителя и обоих банков кодов, отличающийся тем, что введены компаратор, соединенный одним входом с выходом упомянутого суммирующего накопителя кодов, а другим входом - с датчиком разностного кода, и коммутатор, выход которого соединен со входом упомянутого суммирующего накопителя кодов, первый вход - с упомянутым датчиком кода частоты, второй вход подключен через инвертор знака к выходу датчика разностного кода, а установочный вход соединен с выходом упомянутого генератора меандра тактовой частоты через последовательно соединенные инвертор меандра и ключ, управляющий вход которого соединен с выходом компаратора, причем тактирующий вход компаратора соединен с выходом упомянутого меандра тактовой частоты, а установочный вход датчика разностного кода - с упомянутым процессором управления.

20

25

30

35

40

45

Цифровой гетеродин для видеоконвертора

