

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2498515

ЦИФРОВОЕ УСТРОЙСТВО ФОРМИРОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНЫХ СИГНАЛОВ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" (ФГБОУ ВПО "СПбГПУ") (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012111935

Приоритет изобретения **27 марта 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **10 ноября 2013 г.**

Срок действия патента истекает **27 марта 2032 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012111935/07, 27.03.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.03.2012

(45) Опубликовано: 10.11.2013 Бюл. № 31

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 944077 A1, 15.07.1982. RU 2371736 C2,
27.10.2009. RU 2284086 C2, 20.09.2006. RU
2405252 C2, 27.11.2010. US 2008144751 A1,
19.06.2008. WO 2009002269 A1, 31.12.2008.

Адрес для переписки:

195251, Санкт-Петербург, ул.
Политехническая, 29, ФГБОУ ВПО "Санкт-
Петербургский государственный
политехнический университет" (ФГБОУ
ВПО "СПбГПУ"), ОИС

(72) Автор(ы):

**Крячко Михаил Александрович (RU),
Крячко Александр Федотович (RU),
Макаров Сергей Борисович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Санкт-
Петербургский государственный
политехнический университет" (ФГБОУ
ВПО "СПбГПУ") (RU)**

(54) ЦИФРОВОЕ УСТРОЙСТВО ФОРМИРОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНЫХ СИГНАЛОВ

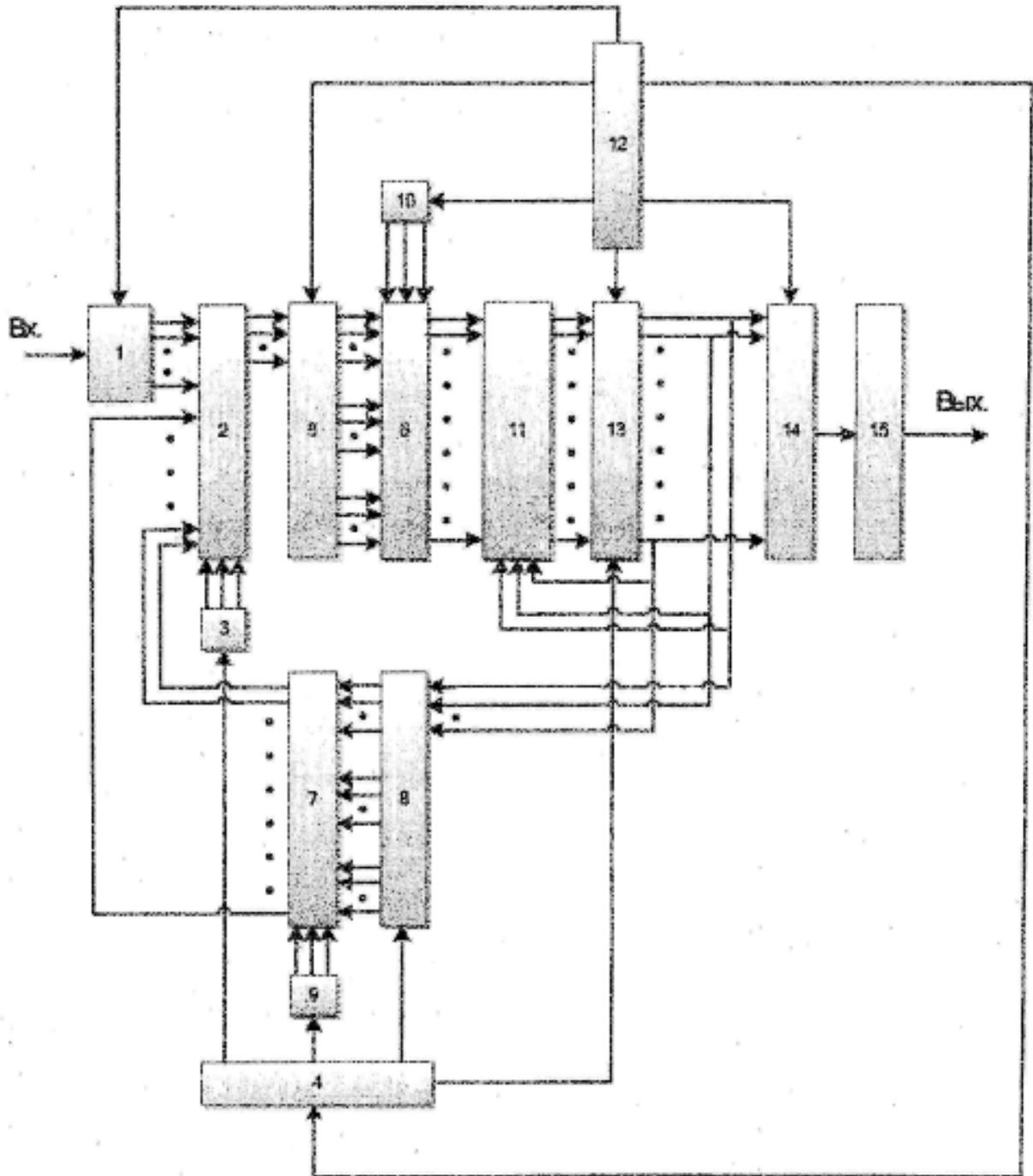
(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике. Технический результат - увеличение быстродействия при формировании спектрально-эффективных сигналов, а также повышение степени защиты передаваемой информации. Указанный технический результат достигается тем, что цифровое устройство формирования спектрально-эффективных сигналов содержит аналого-цифровой преобразователь, управляющий вход которого соединен с выходом блока синхронизации, первый мультиплексор, параллельный регистр, сумматор и первый блок управления, цифро-аналоговый преобразователь, два мультиплексора, два последовательно-параллельных многоуровневых регистра, второй и третий блоки управления, блок управления обратной связью, фильтр нижних частот. Сигнальные многоуровневые выходы первого

мультиплексора соединены с сигнальными входами первого последовательно-параллельного многоуровневого регистра, имеющего группы многоуровневых выходов. Регистр подключен к сигнальным входам второго мультиплексора, у которого управляющие входы соединены с выходами первого блока управления, а его выходы подключены к первой группе входов сумматора, выходы которого подключены к входам параллельного регистра. Блок синхронизации соединен с первым последовательно-параллельным многоуровневым регистром, первым блоком управления, параллельным регистром, цифро-аналоговым преобразователем и входом блока управления обратной связью. Первый выход блока управления обратной связью соединен с управляющим входом параллельного регистра, второй его выход с управляющим входом второго последовательно-параллельного

многозарядного регистра, третий и четвертый выходы соединены соответственно с входами второго и третьего блоков управления. Выходы третьего блока управления соединены с управляющими входами первого мультиплексора, у которого первые сигнальные входы соединены с выходами аналого-цифрового преобразователя, а вторые сигнальные входы соединены с выходами третьего мультиплексора, у которого группы многозарядных сигнальных входов

подключены к многозарядным выходам второго последовательно-параллельного многозарядного регистра. Входы регистра соединены одновременно с выходами параллельного регистра, второй группой входов сумматора и входами цифро-аналогового преобразователя, а его выход соединен с входом фильтра нижних частот, выход которого является выходом цифрового устройства формирования спектрально-эффективных сигналов. 1 ил.



Фиг. 1

RU 2 4 9 8 5 1 5 C 1

RU 2 4 9 8 5 1 5 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2012111935/07, 27.03.2012**(24) Effective date for property rights:
27.03.2012

Priority:

(22) Date of filing: **27.03.2012**(45) Date of publication: **10.11.2013 Bull. 31**

Mail address:

**195251, Sankt-Peterburg, ul. Politekhnikeskaja,
29, FGBOU VPO "Sankt-Peterburgskij
gosudarstvennyj politekhnikeskij universitet"
(FGBOU VPO "SPbGPU"), OIS**

(72) Inventor(s):

**Krjachko Mikhail Aleksandrovich (RU),
Krjachko Aleksandr Fedotovich (RU),
Makarov Sergej Borisovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Sankt-
Peterburgskij gosudarstvennyj politekhnikeskij
universitet" (FGBOU VPO "SPbGPU") (RU)**

(54) DIGITAL DEVICE FOR GENERATING SPECTRALLY EFFICIENT SIGNALS

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering, communication.

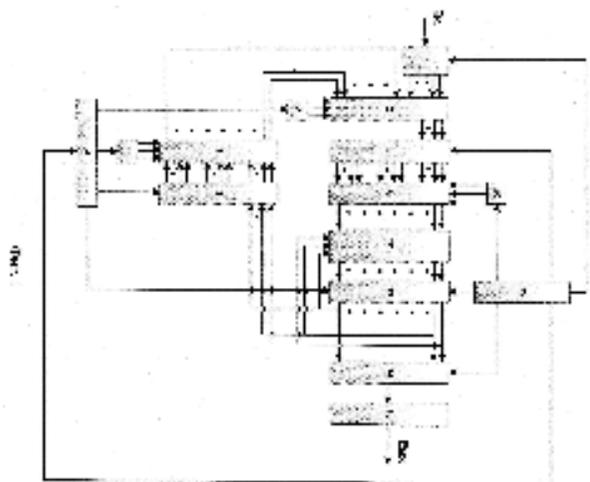
SUBSTANCE: digital device for generating spectrally efficient signals has an analogue-to-digital converter, the control input of which is connected to the output of a clock unit, a first multiplexer, a parallel register, an adder and a first control unit, a digital-to-analogue converter, two multiplexers, two serial-parallel multi-bit registers, second and third control units, a feedback control unit and a low-pass filter. Multi-bit signal outputs of the first multiplexer are connected to signal inputs of the first serial-parallel multi-bit register, having groups of multi-bit outputs. The register is connected to signal inputs of the second multiplexer, the control inputs of which are connected to outputs of the first control unit, and the outputs are connected to the first group of inputs of the adder, the outputs of which are connected to inputs of the parallel register. The clock unit is connected to the first serial-parallel multi-bit register, the first control unit, the parallel register, the digital-to-analogue converter and the input of the feedback control unit. The first output of the feedback control unit is connected to

the control input of the parallel register, its second output is connected to the control input of the second serial-parallel multi-bit register, the third and fourth outputs are connected to inputs of the second and third control units, respectively. Outputs of the third control unit are connected to control inputs of the first multiplexer, the first signal inputs of which are connected to outputs of the analogue-to-digital converter, and the second signal inputs are connected to outputs of the third multiplexer, the groups of multi-bit signal inputs of which are connected to multi-bit outputs of the second serial-parallel multi-bit register. Inputs of the register are simultaneously connected to outputs of the parallel register, the second group of inputs of the adder and the inputs of the digital-to-analogue converter, and the output is connected to the input of the low-pass filter, the output of which is the output of the digital device for generating spectrally efficient signals.

EFFECT: high-speed operation when generating spectrally efficient signals, high security of transmitted information.

1 dwg

R U 2 4 9 8 5 1 5 C 1



Стр.: 4

R U 2 4 9 8 5 1 5 C 1

Изобретение относится к технике связи и может быть использовано в системах передачи данных по радиоканалу для формирования ограниченных по спектру сигналов.

Известно устройство «Формирователь сигналов» [А.С. SU №1598198].

Формирователь сигналов содержит генератор импульсов, счетчик, запоминающие блоки, распределитель импульсов, блоки формирования сигналов, фильтры низких частот, аналоговые перемножители, сумматор, генератор гармонического сигнала, фазовращатель, регистр задержки, дешифратор и блок логического умножения.

Недостатком устройства является невозможность формировать сигналы с ограниченным спектром частот с высокой информационной скоростью и иметь возможность перестройки формы сигнала в процессе передачи информации.

Известно устройство «Цифровой согласованный фильтр» [А.С. SU №Г815796] Цифровой согласованный фильтр содержит аналого-цифровой фильтр, регистр сдвига, мультиплексор, постоянное запоминающее устройство, счетчик, сумматор, параллельный регистр, блок синхронизации, блок сравнения. Однако при использовании устройства для формирования спектрально-эффективных сигналов отсутствует возможность перестройки формы сигнала в процессе передачи информации.

Наиболее близким является «Цифровой согласованный фильтр», принятый за прототип. [А.С. SU №944077]. Фильтр содержит P программируемых запоминающих устройств $1-i - 1-P$, каждое из которых состоит из программатора и мультиплексора, двоичный счетчик, аналого-цифровой преобразователь, цифровой перемножитель, запоминающее устройство, блоки управления, сумматор, блок синхронизации, параллельный регистр и блок сравнения.

Первым недостатком прототипа является низкое быстродействие устройства при формировании или обработки спектрально-эффективных сигналов со сложными законами изменения огибающей сигналов. Вторым недостатком прототипа является невозможность перестройки импульсного отклика цифрового согласованного фильтра в процессе передачи сигналов.

Задачей изобретения является увеличение быстродействия при формировании спектрально-эффективных сигналов, а также повышение степени защиты передаваемой информации.

Для решения поставленной задачи предложено цифровое устройство формирования спектрально-эффективных сигналов. Устройство включает аналого-цифровой преобразователь, управляющий вход которого соединен с выходом блока синхронизации, первый мультиплексор, параллельный регистр, сумматор и первый блок управления, цифро-аналоговый преобразователь, два мультиплексора, два последовательно-параллельных многоразрядных регистра, второй и третий блоки управления, блок управления обратной связью, фильтр нижних частот. Сигнальные многоразрядные выходы первого мультиплексора соединены с сигнальными входами первого последовательно-параллельного многоразрядного регистра, имеющего группы многоразрядных выходов. Регистр подключен к сигнальным входам второго мультиплексора, у которого управляющие входы соединены с выходами первого блока управления, а его выходы подключены к первой группе входов сумматора, выходы, которого подключены к входам параллельного регистра. Блок синхронизации соединен с первым последовательно-параллельным многоразрядным регистром, первым блоком управления, параллельным регистром, цифро-аналоговым преобразователем и входом блока управления обратной связью. Первый выход блока

управления обратной связью соединен с управляющим входом параллельного регистра, второй его выход с управляющим входом второго последовательно-параллельного многоразрядного регистра, третий и четвертый выходы соединены соответственно с входами второго и третьего блоков управления. Выходы третьего блока управления соединены с управляющими входами первого мультиплексора, у которого первые сигнальные входы соединены с выходами аналого-цифрового преобразователя, а вторые сигнальные входы соединены с выходами третьего мультиплексора, у которого группы многоразрядных сигнальных входов подключены к многоразрядным выходам второго последовательно-параллельного многоразрядного регистра. Входы регистра соединены одновременно с выходами параллельного регистра, второй группой входов сумматора, и входами цифро-аналогового преобразователя, а его выход соединен с входом фильтра нижних частот, выход которого является выходом цифрового устройства формирования спектрально-эффективных сигналов.

Первый последовательно-параллельный многоразрядный регистр, второй мультиплексор, третий блок управления, сумматор, блок синхронизации, параллельный регистр, а также цепь обратной связи, образованная блоком управления обратной связью, вторым последовательно-параллельным многоразрядным регистром, третьим мультиплексором, вторым и третьим блоками управления образуют цифровой согласованный фильтр, который лежит в основе работы устройства формирования спектрально-эффективных сигналов.

Введение обратной связи позволяет формировать произвольный импульсный отклик и многократно повторять операцию свертки входного сигнала и импульсного отклика цифрового согласованного фильтра. Это в совокупности приводит к сглаживанию формы входного сигнала и, как следствие, во-первых, к увеличению скорости спада внеполосных излучений и, во-вторых, к уменьшению полосы занимаемых частот. Увеличение скорости спада происходит из-за округления формы сигналов, а уменьшение полосы частот - из-за увеличения длительности сигналов.

Такое изменение формы сигналов может быть необходимым для повышения степени защиты информации от несанкционированного радиоперехвата сообщений. Передаваемые сигналы должны обладать возможностью изменения формы огибающей последовательности с определенной периодичностью автоматически, в процессе работы устройств передачи-приема информации.

Процедуру работы цифрового согласованного фильтра можно описать выражением:

$$S_{\text{ВЫХ}}^q(k\Delta t) = \sum_{i=0}^{N-1} g^{(p)}(i\Delta t) \times s_{\text{ВХ}}^{(p)} = [(k-i)\Delta t]$$

где $S_{\text{ВЫХ}}^{(q)}(k\Delta t)$ - выборочные значения выходного сигнала на выходе цифрового согласованного фильтра в форме q-разрядных чисел; $g^{(p)}(i\Delta t)$ - выборочные значения импульсного отклика цифрового согласованного фильтра в форме p-разрядных чисел; $S_{\text{ВХ}}^n[(k-1)\Delta t]$ - выборочные значения входного сигнала в форме n-разрядных чисел; N - число выборочных значений на длительности T импульсного отклика цифрового согласованного фильтра; Δt - интервал дискретизации, равный T/N.

Приведенное математическое подтверждение работы согласованного фильтра справедливо для видеосигналов прямоугольной формы, но возможно использование сигналов произвольной формы. Если фильтр имеет, например, импульсный отклик в форме прямоугольного видеоимпульса единичной амплитуды, то

$$g^{(p)}(i\Delta t)=1$$

В этом случае процедура работы цифрового согласованного фильтра существенно упрощается, а именно выборочные значения выходного напряжения будут определяться следующими выражениями:

$$s_{\text{ВЫХ}}^{(q)}(0) = s_{\text{ВХ}}^{(n)}(0) + s_{\text{ВХ}}^{(n)}(-\Delta t) + s_{\text{ВХ}}^{(n)}(-2\Delta t) + \dots + s_{\text{ВХ}}^{(n)}[-(N-1)\Delta t]$$

$$s_{\text{ВЫХ}}^{(q)}(1) = s_{\text{ВХ}}^{(n)}(\Delta t) + s_{\text{ВХ}}^{(n)}(0) + s_{\text{ВХ}}^{(n)}(-\Delta t) + \dots + s_{\text{ВХ}}^{(n)}[-(N-2)\Delta t]$$

$$s_{\text{ВЫХ}}^{(q)}(2) = s_{\text{ВХ}}^{(n)}(2\Delta t) + s_{\text{ВХ}}^{(n)}(\Delta t) + s_{\text{ВХ}}^{(n)}(0) + \dots + s_{\text{ВХ}}^{(n)}[-(N-3)\Delta t]$$

.....

$$s_{\text{ВЫХ}}^{(q)}(N-2) = s_{\text{ВХ}}^{(n)}[(N-2)\Delta t] + s_{\text{ВХ}}^{(n)}[(N-3)\Delta t] + s_{\text{ВХ}}^{(n)}[(N-4)\Delta t] + \dots + s_{\text{ВХ}}^{(n)}(-\Delta t)$$

$$s_{\text{ВЫХ}}^{(q)}(N-1) = s_{\text{ВХ}}^{(n)}[(N-1)\Delta t] + s_{\text{ВХ}}^{(n)}[(N-2)\Delta t] + s_{\text{ВХ}}^{(n)}[(N-3)\Delta t] + \dots + s_{\text{ВХ}}^{(n)}(0)$$

С учетом этих выражений процедура работы фильтра может быть выполнена без использования программируемого запоминающего устройства и запоминающего устройства. Это позволит увеличить быстродействие согласованного фильтра и всего устройства в целом.

Увеличение степени защиты информации от несанкционированного приема достигается путем динамического изменения формы сигналов в процессе передачи информации. Динамическое изменение формы сигналов достигается с помощью изменения числа операций свертки входного сигнала и импульсного отклика цифрового согласованного фильтра. Эта процедура происходит в цепи обратной связи устройства. В этом случае в процессе передачи последовательности сигналов их форма будет изменяться. Считая, что закон изменения формы сигналов известен только приемной стороне, при несанкционированном приеме будет невозможно достоверно принимать информацию. Это особенно важно в многоканальных беспроводных системах передачи информации.

Таким образом, отличительные признаки являются необходимыми и существенными для выполнения поставленной задачи.

Цифровое устройство формирования спектрально-эффективных сигналов (фиг.1) содержит аналого-цифровой преобразователь 1, первый мультиплексор 2, третий блок управления 3, блок управления обратной связью 4, первый последовательно-параллельный многоразрядный регистр 5, второй мультиплексор 6, третий мультиплексор 7, второй последовательно-параллельный многоразрядный регистр 8, второй блок управления 9, первый блок управления 10, сумматор 11, блок синхронизации 12, параллельный регистр 13, цифро-аналоговый преобразователь 14, фильтр нижних частот 15.

Непрерывный сигнал поступает на информационный вход аналого-цифрового преобразователя 1 (АЦП), управляющий вход которого соединен с выходом блока синхронизации 12. На n выходах АЦП формируется в виде n -разрядного двоичного числа выборочное значение амплитуды принимаемого сигнала. Количество уровней M квантования выборочного значения амплитуды входного сигнала определяется выражением $M=2^n$. Эта последовательность поступает на первую группу входов первого мультиплексора 2. Проходя без изменений (в первый момент на второй

группе входов мультиплексора 2 сигнал отсутствует), сигнал поступает на вход первого последовательно-параллельного многоурядного регистра 5. Этот первый последовательно-параллельный многоурядный регистр выполняет роль
 5 многоурядной линии задержки в цифровом согласованном фильтре. Для получения напряжений цифровой свертки $S_{\text{вых}}(k\Delta t)$, необходимо организовать считывание выборочных значений сигнала с выходов первого последовательно-параллельного многоурядного регистра, что осуществляется с помощью второго мультиплексора, и суммирование их с помощью сумматора 11 и параллельного регистра 13.

10 С выхода параллельного регистра 13 выборочные значения выходного сигнала согласованного фильтра по линии обратной связи поступают на вход второго последовательно-параллельного многоурядного регистра 8.

Устройство работает следующим образом. Первый шаг. На вход АЦП поступает сигнал прямоугольной формы (видеоимпульс), на выходе параллельного регистра 13
 15 формируется в цифровом виде (в виде кодов) сигнал треугольной формы, совпадающий с видом реакции согласованного фильтра на входное воздействие в виде прямоугольного видеоимпульса. При этом длительность этого сигнала равна удвоенной длительности прямоугольного видеоимпульса. Этот сигнал в виде кодов
 20 поступает на второй последовательно-параллельный многоурядный регистр 8, а далее на третий мультиплексор 7, работой которых управляют блок управления обратной связью 4 и второй блок управления 9. Этот же сигнала в виде кодов подается на вторую группу входов первого мультиплексора 2. Работой этого мультиплексора управляет третий блок управления 3. С помощью этого блока
 25 управления происходит переключение режимов прохождения кодов сигналов с выхода АЦП и с выходов третьего мультиплексора 7. Второй шаг. В режиме выполнения второй операции свертки входного сигнала и импульсного отклика цифрового согласованного фильтра на выходах параллельного регистра 13 будет формироваться
 30 сигнал, по форме совпадающий со сверткой видеоимпульса треугольной формы длительности $2T$ и импульсного отклика согласованного фильтра длительности T . Длительность сигнала на выходах параллельного регистра 13 будет равна $3T$. Третий шаг. В режиме выполнения третьей операции свертки входного сигнала и импульсного отклика цифрового согласованного фильтра на выходах параллельного регистра 13
 35 будет формироваться сигнал, по форме совпадающий со сверткой импульсного отклика согласованного фильтра длительности $3T$ и импульсного отклика согласованного фильтра длительности $2T$. Длительность сигнала на выходах параллельного регистра 13 будет равна $4T$. Четвертый шаг. В режиме, выполнения четвертой операции свертки входного сигнала и импульсного отклика цифрового
 40 согласованного фильтра на выходах параллельного регистра 13 будет формироваться сигнал, по форме совпадающий со сверткой импульсного отклика согласованного фильтра длительности $4T$ и импульсного отклика согласованного фильтра длительности $3T$. Длительность сигнала на выходах параллельного регистра 13 будет
 45 равна $5T$. Затем сигнал поступает на q входов ЦАП 14, на выходе которого формируется напряжение непрерывной формы, а далее на фильтр нижних частот 15, который является выходом устройства. Работой ЦАП управляет блок синхронизации 12.

50 Таким образом, цифровое устройство может работать без использования программируемого запоминающего устройства и запоминающего устройства, имеющихся в прототипе. Это позволит увеличить быстродействие в связи с исключением операции записи/считывания запоминающим устройством и повысить

степень защиты информации от несанкционированного приема за счет динамического изменения вида сигналов в процессе передачи, что достигается введением перестраиваемой цепи обратной связи

5

Формула изобретения

Цифровое устройство формирования спектрально-эффективных сигналов, включающее аналого-цифровой преобразователь, вход которого соединен с выходом блока синхронизации, первый мультиплексор, параллельный регистр, сумматор и
10 первый блок управления, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит цифроаналоговый преобразователь, два мультиплексора, два последовательно-параллельных многоразрядных регистра, второй и третий блоки управления, блок управления обратной связью, фильтр нижних частот, причем сигнальные
15 многоразрядные выходы первого мультиплексора соединены с сигнальными входами первого последовательно-параллельного многоразрядного регистра, имеющего группы многоразрядных выходов, подключенных к сигнальным входам второго мультиплексора, у которого управляющие входы соединены с выходами первого блока управления, а его выходы подключены к первой группе входов сумматора,
20 выходы которого подключены к входам параллельного регистра, блок синхронизации соединен с аналого-цифровым преобразователем, первым последовательно-параллельным многоразрядным регистром, первым блоком управления, параллельным регистром, цифроаналоговым преобразователем и входом блока управления обратной связью, первый выход блока управления обратной связью
25 соединен с управляющим входом параллельного регистра, второй его выход с управляющим входом второго последовательно-параллельного многоразрядного регистра, третий и четвертый выходы соединены соответственно с входами второго и третьего блоков управления, выходы третьего блока управления соединены с
30 управляющими входами первого мультиплексора, у которого первые сигнальные входы соединены с выходами аналого-цифрового преобразователя, а вторые сигнальные входы соединены с выходами третьего мультиплексора, у которого группы многоразрядных сигнальных входов подключены к многоразрядным
35 выходам второго последовательно-параллельного многоразрядного регистра, входы которого, в свою очередь, соединены одновременно с выходами параллельного регистра, второй группой входов сумматора, входами цифроаналогового преобразователя, а его выход соединен с входом фильтра нижних частот, выход которого является выходом цифрового устройства формирования спектрально-
40 эффективных сигналов.

45

50