(19) Евразийское патентное ведомство

(11) 035531 (13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.06.30

(21) Номер заявки
201791858

(22) Дата подачи заявки
2015.03.11

(51) Int. Cl. ***G01F 1/66*** (2006.01)
G01S 7/523 (2006.01)

(54) ВЗАИМНАЯ СХЕМА ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА ДЛЯ РАСХОДОМЕРА

(43) **2018.02.28**
(86) **PCT/EP2015/055035**
(87) **WO 2016/141981 2016.09.15**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ДАНФОСС А/С (DK)

(72) Изобретатель:
Есперсен Ларс (DK)

(74) Представитель:
Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В. (RU)

(56) DE-A1-10048959
EP-A1-2383550

(57) Настоящее изобретение относится к схеме приемопередатчика для расходомера, содержащей общий тракт сигнала для передаваемых и/или принимаемых сигналов, причем схема приемопередатчика содержит цепь генератора, цепь обработки сигналов и трансимпедансный усилитель, при этом трансимпедансный усилитель содержит комбинированный входной/выходной вывод, выполненный с возможностью функционального соединения с одним или более соответствующих преобразователей, причем трансимпедансный усилитель выполнен с возможностью обеспечения отдельного импеданса ZTx передачи между входным выводом и комбинированным входным/выходным выводом и отдельного импеданса ZRx приема между комбинированным входным/выходным выводом и выходным выводом.

035531 B1

035531 B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к схеме приемопередатчика для расходомеров. В частности, настоящее изобретение относится к взаимным схемам приемопередатчика для ультразвуковых расходомеров.

Уровень техники

На протяжении многих лет предлагались различные типы схем приемопередатчика, подходящих, в частности, для ультразвуковых расходомеров.

В целом производительность ультразвуковых расходомеров, в частности при низких расходах, напрямую зависит от разниц задержки в трактах сигнала (вверх по потоку и вниз по потоку) цепи входного каскада, соединенной с ультразвуковыми преобразователями. Очень небольшие разницы задержки могут привести к ошибкам измерения порядка нескольких процентов при низких расходах. Кроме того, разницы задержки могут быть вызваны различиями в ультразвуковых преобразователях. Эти ошибки могут быть удалены в течение калибровки, однако их изменение во времени и с температурой может попрежнему представлять собой проблему. Кроме того, калибровка при низких расходах занимает много времени и, следовательно, требует больших затрат. Существуют другие топологии схемы, которые решают вышеупомянутые проблемы задержки, однако для этих топологий схем часто требуются дорогостоящие усилители.

Один подход был предложен в документе DE 10 048 959, в котором раскрыта топология схемы с использованием двухвходового операционного усилителя, в котором положительный вход соединен с генератором передаваемых сигналов, а отрицательный вход соединен с преобразователями через последовательный импеданс, Zt, и устройство переключения. Кроме того, отрицательный вход служит точкой обратной связи от выхода усилителя через импеданс Zf обратной связи.

Один существенный недостаток топологии схемы, предложенной в DE 10 048 959, заключается в том, что входы усилителя управляются по-разному при передаче и приеме. При передаче входная электрическая цепь управляется по большому диапазону напряжений общего режима, соответствующему удвоенному амплитудному значению генератора сигналов, Vtx. При приеме входы удерживаются в постоянной рабочей точке с помощью тихого генератора передаваемых сигналов. Различные способы управления входной электрической цепью влияют на общую взаимность предложенной схемы.

В качестве проблемы, на решение которой направлены варианты осуществления настоящего изобретения, может рассматриваться создание взаимной схемы приемопередатчика для расходомеров, таких как ультразвуковые расходомеры.

В качестве другой проблемы, на решение которой направлены варианты осуществления настоящего изобретения, может рассматриваться создание схемы приемопередатчика с использованием простой топологии схемы.

Раскрытие сущности изобретения

Для решения вышеупомянутых проблем предлагается, в первом аспекте изобретения, схема приемопередатчика для расходомера, содержащая общий тракт сигнала для передаваемых и принимаемых сигналов, причем схема приемопередатчика содержит цепь генератора, цепь обработки сигналов и трансимпедансный усилитель, при этом

цепь генератора функционально соединена с входным выводом трансимпедансного усилителя,

цепь обработки сигналов функционально соединена с выходным выводом трансимпедансного усилителя и

трансимпедансный усилитель дополнительно содержит комбинированный входной/выходной вывод, выполненный с возможностью функционального соединения с одним или более соответствующих преобразователей, причем трансимпедансный усилитель обеспечивает отдельный импеданс ZTx передачи между входным выводом и комбинированным входным/выходным выводом и отдельный импеданс ZRx приема между комбинированным входным/выходным выводом и выходным выводом.

Под термином "схема приемопередатчика" подразумевается схема, выполненная с возможностью как передавать, так и принимать сигналы через ряд соответствующих преобразователей. Сигналы, передаваемые и/или принимаемые соответствующими преобразователями, могут быть ультразвуковыми сигналами. Под такими ультразвуковыми сигналами в данном документе следует понимать сигналы, имеющие частоты в диапазоне от 100 кГц до 10 МГц, например, предпочтительно около 1 МГц. Следует, однако, отметить, что также могут применяться другие диапазоны частот.

Предложенная схема приемопередатчика обладает тем преимуществом, что она имеет общий тракт сигнала для переданных и принятых сигналов. Таким образом, по существу предотвращаются разницы задержки между сигналами вверх по потоку и вниз по потоку (т.е. передаваемыми и принимаемыми сигналами). Кроме того, схема приемопередатчика может быть выполнена с использованием простой топологии схемы, в которую могут быть включены только дискретные компоненты.

Схема приемопередатчика согласно настоящему изобретению может работать в качестве цепи входного каскада приемопередатчика. В данном документе под термином "входной каскад" подразумевается цепь, функционально соединенная, непосредственно или опосредованно, с соответствующими преобразователями. Настоящее изобретение находит свое применение в отношении расходомеров, вы-

полненных с возможностью измерения скоростей потока жидкостей и/или газов.

В целом трансимпедансный усилитель представляет собой преобразователь ток-напряжение. Трансимпедансные усилители могут быть выполнены различными способами, например, путем использования операционных усилителей в инвертирующей конфигурации. В этой конфигурации трансимпедансный усилитель образует инвертирующий усилитель.

Предпочтительно входные и выходные выводы представляют собой соответственно выделенные входные и выходные выводы. В данном документе под термином "выделенный" подразумеваются выводы, которые используются только либо как входной, либо как выходной вывод.

Предпочтительно цепь генератора имеет выходной импеданс, Zout, являющийся по существу постоянным. Цепь генератора выполнена с возможностью генерации периодических сигналов, таких как синусоидальные сигналы, сигналы прямоугольной формы и подобные сигналы. Сигналы из цепи генератора могут быть созданы в импульсах с длительностями соответствующего количества периодов. Таким образом, сигналы импульсов могут содержать соответствующее количество периодов синусоидальных сигналов, сигналов прямоугольной формы или даже одношаговой функции.

Схема приемопередатчика может дополнительно содержать цепь обратной связи, функционально подсоединенную между комбинированным входным/выходным выводом и цепью генератора. Эта цепь обратной связи выполнена с возможностью формирования, например, путем полосовой фильтрации, сигналов, подаваемых цепью генератора.

Схема приемопередатчика может дополнительно содержать дополнительный фиксированный или переменный импеданс, Zg, между комбинированным входным/выходным выводом и опорным потенциалом, таким как земля. Задача переменного импеданса, Zg, заключается в обеспечении возможности компенсировать изменения в усилении контура, вызванные изменениями, внесенными в импеданс ZRx приема.

Схема приемопередатчика дополнительно может либо содержать один или более управляемых переключателей/мультиплексоров, либо быть соединенной с ними для подачи сигналов на соответствующие приемные и/или передающие преобразователи и/или от соответствующих приемных и/или передающих преобразователей, при этом один или более управляемых переключателей/мультиплексоров функционально соединены с комбинированным входным/выходным выводом. Таким образом, управляемый переключатель/мультиплексор может подавать сигналы к паре преобразователей и от этой пары. Каждый из указанной пары преобразователей может работать как передающий преобразователь и как приемный преобразователь.

Схема приемопередатчика может дополнительно содержать дополнительные управляемые переключатели/мультиплексоры или быть соединенной с ними для подачи сигналов на соответствующие приемные и/или передающие преобразователи и/или от соответствующих приемных и/или передающих преобразователей. Эти дополнительные переключатели/мультиплексоры могут управляться индивидуально, так что сигналы могут быть направлены к множеству преобразователей и/или из множества преобразователей независимым образом.

Переключатели/мультиплексоры могут быть выполнены в виде переключателей/мультиплексоров нескольких различных типов - либо в виде однополюсных переключателей на одно направление (SPST), либо в виде мультиплексора. Каждый элемент переключателя или мультиплексора может быть простым интегрированным или дискретным переключателем на основе полевого транзистора со структурой металл-оксид-полупроводник (MOSFET), или более сложным переключателем T-типа для повышения характеристик перекрестных помех между преобразователями. Он также может быть комбинирован с переключателями короткого замыкания через преобразователи для дополнительного усиления перекрестных помех между преобразователями.

В настоящем документе под термином "преобразователь" подразумевается либо передающий, либо приемный преобразователь. В качестве примера в настоящем изобретении могут применяться пьезоэлектрические преобразователи, выполненные с возможностью как генерировать, так и детектировать ультразвуковые сигналы.

Во втором аспекте настоящее изобретение относится к расходомеру, содержащему схему приемопередатчика согласно первому аспекту настоящего изобретения. С точки зрения выполнения схема приемопередатчика может быть выполнена и конфигурирована, как раскрыто в связи с первым аспектом.

Расходомер может дополнительно содержать множество преобразователей, выполненных с возможностью соединения с комбинированным входным/выходным выводом трансимпедансного усилителя. По меньшей мере, некоторое количество из множества преобразователей могут быть выполнены с возможностью как передавать, так и принимать сигналы. Множество преобразователей способствуют тому, что сигналы, такие как ультразвуковые сигналы, могут посылаться как вверх по потоку, так и вниз по потоку относительно направления заданного потока.

Усилитель может быть функционально соединен с выходным выводом трансимпедансного усилителя. Коэффициент усиления этого усилителя может быть переменной величиной. Это может быть предпочтительно по отношению к последующей обработке сигналов. Фактически коэффициент усиления усилителя может быть динамической переменной величиной, то есть он может быть изменен в любое

время, например, между передачей и приемом.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение описано более подробно ниже со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых

на фиг. 1 показан принцип настоящего изобретения,

на фиг. 2 показан принцип трансимпедансного усилителя,

на фиг. 3 показаны три варианта осуществления цепи генератора и

на фиг. 4 показан вариант осуществления настоящего изобретения.

Хотя изобретение допускает различные модификации и альтернативные формы, на чертежах посредством примеров показаны конкретные варианты осуществления, которые подробно описаны ниже. Следует, однако, понимать, что изобретение не ограничивается конкретными раскрытыми формами. Напротив, изобретение охватывает все модификации, эквиваленты и альтернативы, подпадающие под сущность и объем изобретения, определенные прилагаемой формулой изобретения.

Осуществление изобретения

В своем наиболее общем аспекте настоящее изобретение относится к топологии схемы приемопередатчика, которая может обеспечить стабильное смещение нулевого расхода, равное нулю, в расходомерах, таких как ультразвуковые расходомеры. В идеальном случае топология схемы приемопередатчика согласно настоящему изобретению не зависит от влияний температуры и изменяющихся импедансов преобразователя.

Для предотвращения разниц задержки в схеме приемопередатчика согласно настоящему изобретению предлагается топология схемы с одним общим трактом сигнала для сигналов как вверх по потоку, так и вниз по потоку, то есть для либо передаваемых, либо принимаемых сигналов. Кроме того, согласно настоящему изобретению предлагается схема приемопередатчика, в которой соответствующие преобразователи могут работать взаимно для предотвращения влияний от разных импедансов приемопередатчика.

На фиг. 1 изображены компоненты схемы 100 приемопередатчика согласно настоящему изобретению. Основными компонентами схемы 100 приемопередатчика являются трансимпедансный усилитель 101, имеющий входной вывод 104, выходной вывод 106 и комбинированный входной/выходной вывод 105.

В течение передачи трансимпедансный преобразователь 101 управляется цепью 102 генератора сигналов. Схема 100 приемопередатчика работает следующим образом.

Передаваемый сигнал с низким импедансом генерируется на комбинированном входном/выходном выводе 105 трансимпедансного усилителя 101. Комбинированный входной/выходной вывод 105 управляет одним из преобразователей 111, 112 с помощью оконечного импеданса 109 преобразователя и с помощью переключателя/мультиплексора 110.

Следует отметить, что количество преобразователей может отличаться от показанного на фиг. 1. Таким образом, вместо двух количество преобразователей может быть равно трем, четырем, пяти или даже больше. Кроме того, количество переключателей/мультиплексоров может быть более одного. В этом случае каждый из переключателей/мультиплексоров может управляться индивидуально.

В течение приема цепь 102 генератора сигналов не осуществляет передачу, при этом сигнал от одного из двух преобразователей 111, 112 подается на комбинированный входной/выходной вывод 105 трансимпедансного усилителя 101 через переключатель/мультиплексор 110 и оконечный импеданс 109 преобразователя.

Выходной сигнал от трансимпедансного усилителя 106 может быть дополнительно усилен в усилителе 108 (пунктирная линия) до подачи конечного выходного сигнала 113 через цепь 103 обработки сигналов. Это дополнительное усиление в усилителе 108 может быть переменным или фиксированным, при этом оно может зависеть от того, передаются или принимаются сигналы. Следует отметить, что усилитель 108 может составлять часть цепи 103 обработки сигналов.

Как показано пунктирной линией на фиг. 1, схема приемопередатчика опционально может включать в себя отрицательную обратную связь 107 от комбинированного входного/выходного вывода трансимпедансного усилителя 101 к цепи 102 генератора сигналов. Отрицательная обратная связь облегчает возможность использования сложного управления с обратной связью, включая, например, полосовую фильтрацию. Отрицательная обратная связь может быть выполнена различными способами, такими как использование как пассивных, так и активных компонентов, таких как усилители, транзисторы, трансформаторы и т.д.

Преобразователи 111 и 112 показаны лишь схематично. На практике преобразователи 111, 112 могут включать в себя различные последовательные и параллельные импедансы. Преобразователи 111, 112 выполнены с возможностью передавать и/или принимать сигналы, такие как ультразвуковые сигналы. Переключатель/мультиплексор 110 может быть выполнен в виде переключателей/мультиплексоров нескольких различных типов - либо в виде переключателей SPST, либо в виде мультиплексора.

На фиг. 2 показан трансимпедансный усилитель 200, имеющий вход 201, выход 202 и комбинированный вход/выход 203. Трансимпедансный усилитель содержит инвертирующий усилитель 204, от-

дельный импеданс 206 передачи между входным выводом и комбинированным входным/выходным выводом, и отдельный импеданс 205 приема между комбинированным входным/выходным выводом и выходным выводом.

На фиг. 3 показаны три возможных исполнения цепи генератора сигналов, выполненной с возможностью генерации периодических сигналов в виде импульсов, таких как синусоидальные сигналы или сигналы прямоугольной формы, имеющие соответствующее количество периодов. Как показано на фиг. 3a, цепь генератора сигналов может включать в себя генератор 301 прямоугольных сигналов, связанный с импедансом 302 передачи до достижения выходного вывода 303.

В качестве альтернативы цепь генератора сигналов может включать в себя полосовой фильтр первого порядка, как показано на фиг. 3b, чтобы формировать и удалять постоянную составляющую (DC) из сигнала прямоугольных импульсов из генератора 304 сигналов. Полосовой фильтр выполнен с использованием сопротивления 305, 308 и конденсаторов 306, 307. Выходной сигнал подается на выходной вывод 309.

На фиг. 3c показана еще более сложная цепь генератора сигналов, где сигнал обратной связи от комбинированного входного/выходного вывода трансимпедансного усилителя подается на входной вывод 316. Этот сигнал обратной связи обеспечивают возможность доступности полосовой фильтрации второго порядка генерированного сигнала 310 прямоугольной формы. Сопротивления 311, 312 и конденсаторы 313, 314 в комбинации с другими компонентами цепи, в том числе трансимпедансный усилитель, обеспечивают полосовую фильтрацию второго порядка и формирование сигнала прямоугольной формы от генератора 304 сигналов.

Следует отметить, что цепь генератора сигналов может быть выполнена альтернативными способами, которые могут отличаться от исполнений, изображенных на фиг. 3.

На фиг. 4 изображен другой вариант осуществления схемы 400 приемопередатчика согласно настоящему изобретению. На фиг. 4 цепь генератора сигналов содержит генератор 401 сигналов и выходной импеданс 402. Трансимпедансный усилитель содержит инвертирующий усилитель 403, фиксированный импеданс 404 передачи между входным выводом и комбинированным входным/выходным выводом, и переменный импеданс 406 приема между комбинированным входным/выходным выводом и выходным выводом. Задача этого переменного импеданса 406 приема состоит в том, чтобы сделать коэффициент усиления при приеме переменным. Однако, с точки зрения взаимности, такой переменный коэффициент усиления при приеме будет работать надлежащим образом только в том случае, если между комбинированным входным/выходным выводом и опорным потенциалом, таким как земля, будет вставлен другой переменный импеданс 405. Функция этого переменного импеданса 405 заключается в том, чтобы компенсировать изменения в усилении контура, вызванные изменениями, внесенными в импеданс 406 приема.

Наконец, к комбинированному входному/выходному выводу трансимпедансного усилителя через переключатель/мультиплексор 408 и оконечный импеданс 407 преобразователя подключены два преобразователя 409, 410.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Схема приемопередатчика для расходомера, содержащая общий тракт сигнала для передаваемых и принимаемых сигналов, причем схема приемопередатчика содержит цепь генератора, цепь обработки сигналов и трансимпедансный усилитель, при этом

цепь генератора функционально соединена с входным выводом трансимпедансного усилителя,

цепь обработки сигналов функционально соединена с выходным выводом трансимпедансного усилителя и

трансимпедансный усилитель дополнительно содержит комбинированный входной/выходной вывод, выполненный с возможностью функционального соединения с одним или более соответствующих преобразователей, причем трансимпедансный усилитель выполнен с возможностью обеспечения отдельного импеданса ZTx передачи между входным выводом и комбинированным входным/выходным выводом и отдельного импеданса ZRx приема между комбинированным входным/выходным выводом и выходным выводом.

2. Схема приемопередатчика по п.1, причем трансимпедансный усилитель содержит инвертирующий усилитель.

3. Схема приемопередатчика по п.1 или 2, причем входные и выходные выводы представляют собой соответственно выделенные входные и выходные выводы.

4. Схема приемопередатчика по любому из пп.1-3, причем цепь генератора имеет выходной импеданс Zout, при этом отношение ZTx/Zout является по существу постоянным.

5. Схема приемопередатчика по любому из пп.1-4, причем цепь генератора выполнена с возможностью генерировать периодические сигналы.

6. Схема приемопередатчика по любому из пп.1-5, дополнительно содержащая цепь обратной связи, функционально подсоединенную между комбинированным входным/выходным выводом и цепью гене-

ратора.

7. Схема приемопередатчика по п.6, причем цепь обратной связи выполнена с возможностью формирования, например, путем полосовой фильтрации сигналов, подаваемых цепью генератора.

8. Схема приемопередатчика по любому из пп.1-7, дополнительно содержащая дополнительный фиксированный или переменный импеданс Zg между комбинированным входным/выходным выводом и опорным потенциалом.

9. Схема приемопередатчика по любому из пп.1-8, дополнительно содержащая один или более управляемых переключателей/мультиплексоров для подачи сигналов на соответствующие приемные и/или передающие преобразователи и/или от соответствующих приемных и/или передающих преобразователей, при этом один или более управляемых переключателей/мультиплексоров функционально соединены с комбинированным входным/выходным выводом.

10. Расходомер, выполненный с возможностью измерения скоростей потока жидкостей и/или газов, содержащий схему приемопередатчика по любому из пп.1-9.

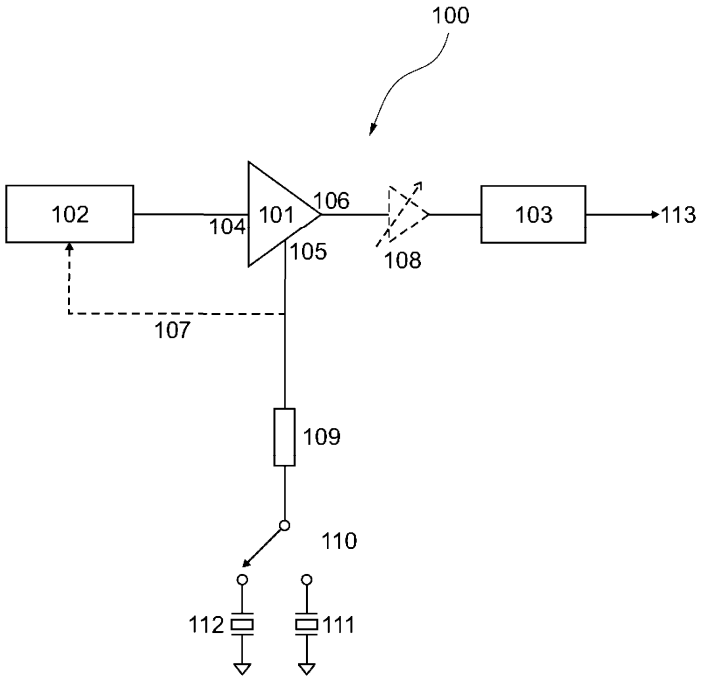
11. Расходомер по п.10, дополнительно содержащий множество преобразователей, выполненных с возможностью соединения с комбинированным входным/выходным выводом трансимпедансного усилителя.

12. Расходомер по п.11, причем по меньшей мере некоторые из множества преобразователей выполнены с возможностью как передавать, так и принимать сигналы.

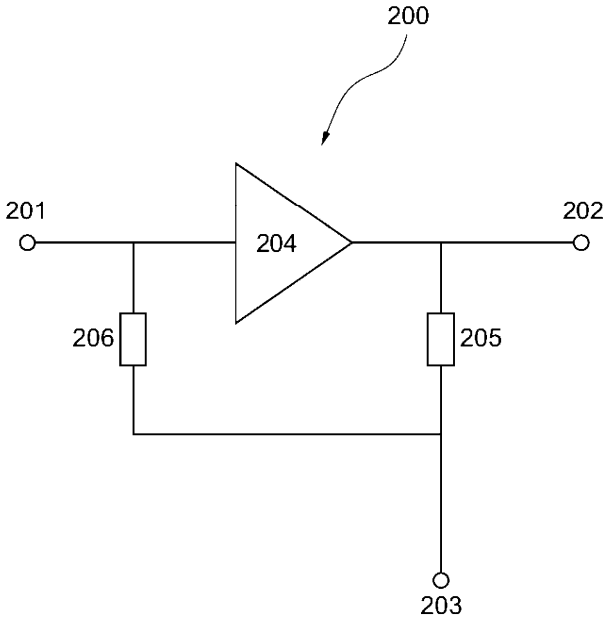
13. Расходомер по любому из пп.10-12, дополнительно содержащий усилитель, функционально соединенный с выходным выводом трансимпедансного усилителя.

14. Расходомер по п.13, причем коэффициент усиления усилителя является переменной величиной.

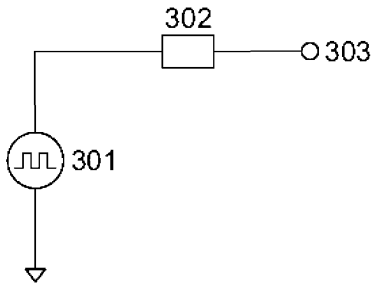
15. Расходомер по п.14, причем коэффициент усиления усилителя является динамической переменной величиной.



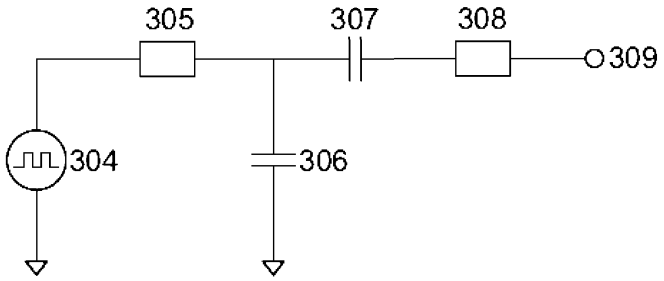
Фиг. 1



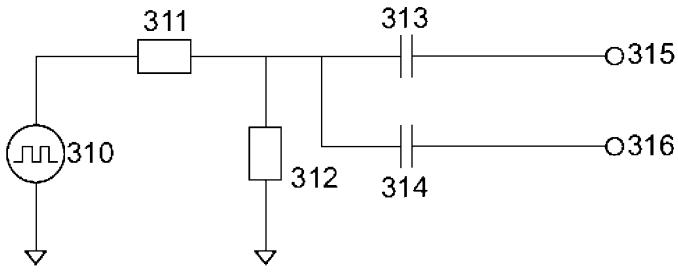
Фиг. 2



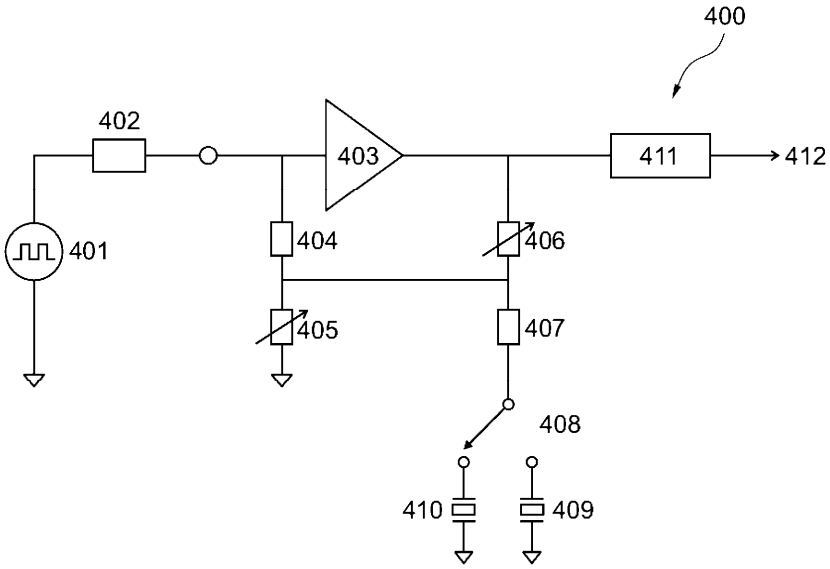
Фиг. 3a



Фиг. 3b



Фиг. 3c



Фиг. 4

Евразийская патентная организация, ЕАПВ
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2