

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(19) RU⁽¹¹⁾ **193 855**⁽¹³⁾ U1

(51) МПК
[H03K 3/00 \(2006.01\)](#)
(52) СПК
H03K 3/00 (2019.08)
H03K 17/00 (2019.08)
H03K 19/00 (2019.08)

(21)(22) Заявка: [2019122937](#), 17.07.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.07.2019

Дата регистрации:
19.11.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 17.07.2019

(45) Опубликовано: [19.11.2019](#) Бюл. № [32](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 150841 U1, 27.02.2015. SU
1014102 A, 23.04.1983. RU 2276456 C1,
10.05.2006. US 3,504,199 A, 31.03.1970.

Адрес для переписки:
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября,
84, Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Воронежский
государственный технический
университет" (ВГТУ), патентный отдел

(72) Автор(ы):

Журавлев Дмитрий Владимирович (RU),
Мушта Александр Иванович (RU),
Сиваш Михаил Александрович (RU),
Проводников Александр Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

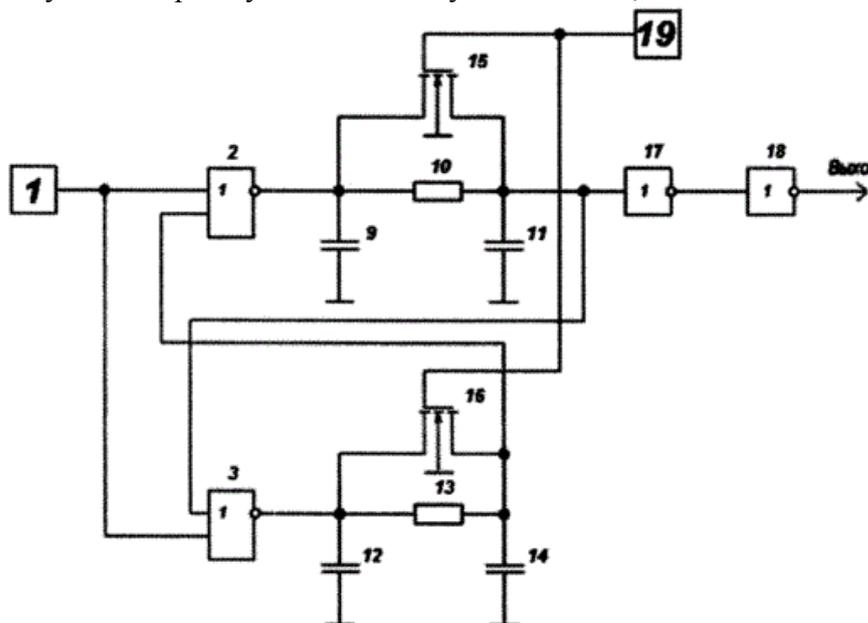
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Воронежский
государственный технический
университет" (ВГТУ) (RU)

(54) ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР-МАНИПУЛЯТОР ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области радиотехники, в частности к схемам для генерирования электрических импульсов с использованием логических схем. Технический результат – обеспечение возможности манипуляции по частоте прямоугольных импульсов путем изменения конструкции генератора. Для этого генератор содержит первый генератор управляющих прямоугольных сигналов, управляющий амплитудой генерируемой импульсной последовательности, первый логический элемент 2ИЛИ-НЕ, второй логический элемент 2ИЛИ-НЕ, первую цепь задержки прохождения сигналов и вторую цепь задержки прохождения сигналов, также введен второй генератор управляющих прямоугольных импульсов, блок регулирования частоты следования прямоугольных импульсов; вариация величин параметров элементов первой и второй цепей задержки прохождения сигнала

позволяет изменять частоту генерации прямоугольных импульсов в процессе частотной манипуляции прямоугольных импульсов. 7 ил., 2 табл.



Фиг. 4

Полезная модель относится к области радиотехники, в частности, к схемам для генерирования электрических импульсов с использованием логических схем, и может быть использована в импульсных радиопередающих устройствах, в измерительной технике в качестве источника прямоугольных импульсов, манипулированных по частоте и по амплитуде.

Известна структура генератора прямоугольных импульсов, описанная в патенте на полезную модель номер 150841 РФ, опубликованный 27.02.15 Бюл. №6, авторы Шеховцов Д.В., Мушта А.И., Сальников Д.Н.. Техническим результатом полезной модели является расширение функциональных возможностей асинхронного RS-триггера. Данный генератор является ближайшим аналогом. Содержит внешний генератор управляющих прямоугольных сигналов, первый логический элемент 2ИЛИ-НЕ, второй логический элемент 2ИЛИ-НЕ, первую цепь задержки прохождения сигналов, вторую цепь задержки прохождения сигналов, буферный логический элемент, состоящий из двух последовательно включенных инверторов, выход буферного логического элемента является выходом генератора прямоугольных импульсов, для функционирования генератора прямоугольных импульсов необходим только один внешний генератор управляющих прямоугольных сигналов.

Недостатком известного генератора прямоугольных импульсов является то, что в нем отсутствует функция и возможность осуществления манипуляции по частоте последовательности прямоугольных импульсов.

Целью заявленного технического решения является расширение функциональных возможностей известного генератора прямоугольных импульсов в части манипуляции по частоте прямоугольных импульсов путем изменения конструкции генератора.

Это достигается тем, что генератор содержит первый генератор управляющих прямоугольных сигналов, управляющий амплитудой генерируемой импульсной последовательности), первый логический элемент 2ИЛИ-НЕ, второй логический элемент 2ИЛИ-НЕ, первую цепь задержки прохождения сигналов и вторую цепь задержки прохождения сигналов, подключенные к выходам первого и второго логических элементов 2ИЛИ-НЕ соответственно, выходы первой и второй цепей задержки сигналов подключены к второму входу первого и к второму входу второго

логических элементов соответственно, подключенный к выходу первой цепи задержки прохождения сигналов буферный логический элемент состоит из двух последовательно включенных первого инвертора и второго инвертора соответственно, выход буферного логического элемента является выходом генератора прямоугольных импульсов, потенциальный выход генератора управляющих прямоугольных сигналов подключен к первым входам первого и второго логических элементов 2ИЛИ-НЕ соответственно, отличающийся тем, что введены второй генератор управляющих прямоугольных импульсов, блок регулирования частоты следования прямоугольных импульсов, в котором исток и сток первого nМОП транзистора с индуцированным каналом подключены параллельно резистору R10 первой цепи задержки прохождения сигнала, исток и сток второго nМОП транзистора с индуцированным каналом подключены параллельно резистору R13 второй цепи задержки прохождения сигнала, вариация величин параметров элементов первой и второй цепей задержки прохождения сигнала позволяет изменять частоту генерации прямоугольных импульсов в процессе частотной манипуляции прямоугольных импульсов

Первая цепь задержки прохождения сигнала может быть реализована, в частности, в виде RC-фильтра с использованием конденсаторов C9, C11 и резистора R10. При этом первый вывод резистора R10 соединен с первым выводом конденсатора C9, выходом первого логического элемента (2) 2ИЛИ-НЕ и истоком nМОП транзистора (15) с индуцированным каналом блока (7) регулирования частоты следования прямоугольных импульсов, второй вывод резистора R10 соединен с первым выводом конденсатора C11, входом первого инвертора (17) НЕ и стоком nМОП транзистора (15) с индуцированным каналом, вторые выводы конденсаторов C9, C11 соединены с общей шиной источника питания устройства.

Вторая цепь задержки прохождения сигнала может быть реализована, в частности, в виде RC-фильтра с использованием конденсаторов C12, C14 и резистора R13. При этом первый вывод резистора R13 соединен с первым выводом конденсатора C12, выходом второго логического элемента (3) 2ИЛИ-НЕ и истоком nМОП транзистора (16) с индуцированным каналом, второй вывод резистора R13 соединен с первым выводом конденсатора C14, со стоком nМОП транзистора (16) с индуцированным каналом и вторым входом первого логического элемента (2) 2ИЛИ-НЕ, вторые выводы конденсаторов C12, C14 соединены с общей шиной источника питания устройства.

На фиг. 1 изображена структурная схема генератора прямоугольных импульсов. На фиг. 2 представлен генератор прямоугольных импульсов, манипулированных по амплитуде и по частоте. На фиг. 3 представлена функциональная схема асинхронного RS-триггера на логических элементах 2ИЛИ-НЕ. На фиг. 4 представлена функциональная схема генератора на логических элементах 2ИЛИ-НЕ 74 серии с использованием nМОП транзисторов с индуцированными каналами в конструкции генератора. На фиг. 5 - электрическая схема генератора прямоугольных импульсов, манипулированных по амплитуде и по частоте, на логических элементах 2ИЛИ-НЕ с использованием nМОП транзисторов в конструкции генератора. На фиг. 6 приведена временная диаграмма работы генератора в режиме амплитудной. На фиг. 7 отображена временные диаграммы работы генератора в режиме и по амплитуде, и по частоте при вариации температуры в интервале: а) -40°C , б) $+27^{\circ}\text{C}$, в) $+125^{\circ}\text{C}$.

В состав структурной схемы, изображенной на фиг. 1 входят генератор управляющих прямоугольных сигналов (1), первый логический элемент 2ИЛИ-НЕ (2), второй логический элемент 2ИЛИ-НЕ (3), первую цепь задержки прохождения сигналов (4), вторую цепь задержки прохождения сигналов (5), буферный логический элемент (6), состоящий из последовательно включенных первого (17) и второго (18) логических элементов НЕ, выход буферного логического элемента является выходом

генератора прямоугольных импульсов. На фиг. 2 структурная схема состоит из первого генератора управляющих (1) прямоугольных сигналов, первого логического элемента 2ИЛИ-НЕ (2), второго логического элемента 2ИЛИ-НЕ (3), первой цепи задержки прохождения сигналов (4) и второй цепи задержки прохождения сигналов (5), буферного логического элемента (6), первого инвертора (17) и второго инвертора (18, блока (7) регулирования частоты следования прямоугольных импульсов, второго генератора (19). На фиг. 3 представлена структурная схема асинхронного RS-триггера, состоящего из двух логических элементов 2ИЛИ-НЕ. На фиг. 4 представлена электрическая принципиальная схема в состав которой входят первый генератор (1) управляющих сигналов, первый логический элемент 2ИЛИ-НЕ (2), второй логический элемент 2ИЛИ-НЕ (3), первая цепь задержки прохождения сигналов (5), реализованная в виде П-образного RC-фильтра и содержащая конденсаторы С9, С11 и резистор R10; вторая цепь задержки прохождения сигналов (4), реализованная в виде П-образного RC-фильтра и содержащая конденсаторы С12, С14 и резистор R13; буферный логический элемент (6), реализованный первым (17) и вторым (18) инверторами соответственно; блок (7) регулирования частоты следования прямоугольных импульсов, реализованный в виде первого (15) и второго (16) nМОП транзисторов, второй генератор управляющих импульсов (8). На фиг. 5 перечень элементов аналогичен фиг. 4. На фиг. 6 и фиг. 7 приведены данные работы генератора в режиме и по амплитуде, и по частоте при вариации температуры в интервале: а) -40°C , б) $+27^{\circ}\text{C}$, в) $+125^{\circ}\text{C}$.

Заявленный генератор работает следующим образом.

Рассмотрим процесс амплитудной манипуляции прямоугольных импульсов.

1. Генератор прямоугольных импульсов работает следующим образом. Из логической схемы асинхронного RS-триггера на логических элементах 2ИЛИ-НЕ (фиг. 3) следует, что запрещенная комбинация входных сигналов ($S^k=1, R^k=1$)

приводит к появлению на его выходах значений $Q^k=\bar{Q}^k=0$ (здесь обозначено: \bar{Q} есть НЕ Q).

Действительно, $Q=\text{НЕ}(R+\bar{Q})=0, \bar{Q}=\text{НЕ}(S+Q)=0$. Если теперь на вход асинхронного RS-триггера подать комбинацию $S^k=0, R^k=0$, соответствующую режиму хранения, то схема триггера вырождается в бистабильную ячейку, в какое состояние опрокинется ячейка - неизвестно [Новожилов О.П. Основы цифровой техники. Учебное пособие. М.: Издательское предприятие «РадиоСофт», 2004. - 528 с., стр. 202]. После первого опрокидывания на выходах Q и \bar{Q} асинхронного RS-триггера устанавливаются одинаковые логические уровни. Далее, за счет положительной обратной связи, как в обычном генераторе незатухающих колебаний, в асинхронном RS-триггере возникает колебательный процесс, длительность которого определяется временем, в течение которого $S^k=0, R^k=0$. В заявленной полезной модели генератора (фиг. 1) процесс возникновения колебательного процесса аналогичен описанному выше применительно к асинхронному RS-триггеру (фиг. 3). Но в полезной модели генератор прямоугольных импульсов, манипулируемых по амплитуде и по частоте (фиг. 2) первые входы первого и второго логических элементов соединены, поэтому прямоугольные импульсы на выходе генератора прямоугольных импульсов генерируются при перепаде $1 \rightarrow 0$ логического напряжения на выходе генератора (1) управляющих прямоугольных сигналов, генерация прямоугольных импульсов продолжается в течение времени наличия на выходе генератора (1) управляющих прямоугольных сигналов напряжения логического нуля, генерация прямоугольных импульсов прекращается при перепаде $0 \rightarrow 1$ логического напряжения на выходе генератора (1) управляющих прямоугольных сигналов.

Рассмотрим процесс частотной манипуляции прямоугольных импульсов.

Период (T) времени одного полного цикла прохождения прямоугольного импульса в заявленном генераторе включает в себя время

$$T = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4, \quad (1)$$

где Δt_1 - время прохождения через первый логический элемент (2) 2ИЛИ-НЕ сигнала, поступившего от первого внешнего генератора управляющих прямоугольных сигналов (1) на первый вход первого логического элемента (2) 2ИЛИ-НЕ; Δt_2 - время прохождения сигнала через первую цепь задержки сигнала (4); Δt_3 - время прохождения через второй логический элемент (3) 2ИЛИ-НЕ сигнала, поступившего с выхода первой цепи задержки сигнала (4) на второй вход второго логического элемента (3) 2ИЛИ-НЕ; Δt_4 - время прохождения сигнала через вторую цепь задержки сигнала (5) до второго входа первого логического элемента (2) 2ИЛИ-НЕ.

Исток и сток первого nМОП транзистора (15) с индуцированным каналом подключен параллельно резистору R_{10} первой цепи задержки прохождения сигнала. Исток и сток второго nМОП транзистора (16) с индуцированным каналом подключен параллельно резистору R_{13} второй цепи задержки прохождения сигнала.

Сопротивление R_{VT} МОП транзистора с индуцированным каналом в зависимости от управляющего напряжения $U_{вх}$ может принимать два значения: $R_{VT}=R_{насыщения} \rightarrow 0$, если МОП транзистор включен (находится в режиме насыщения), и $R_{VT}=R_{запрет} \rightarrow \infty$, если МОП транзистор выключен (заперт) [Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника: учебник для вузов/ Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров. Под ред. О.П. Глудкина. М.: Радио и связь, 1996. - 768 с., стр. 410].

Второй генератор управляющих прямоугольных сигналов (8) при перепадах $0 \rightarrow 1$ или $1 \rightarrow 0$ логического напряжения на его выходе изменяет значение сопротивления канала сток-исток R_{VT} МОП транзисторов с индуцированными каналами в зависимости от управляющего напряжения $U_{вх}$. Сопротивление R_{VT} включено параллельно резистору R_{10} первой цепи задержки прохождения сигнала, такое же сопротивление R_{VT} включено параллельно резистору R_{13} второй цепи задержки прохождения сигнала. Поэтому изменяется величина эквивалентных сопротивлений $R_{1экв}$ между узлами: первый вывод конденсатора C_9 , первый вывод конденсатора C_{11} первой цепи задержки прохождения сигнала и $R_{2экв}$ между узлами: первый вывод конденсатора C_{12} , первый вывод конденсатора C_{14} второй цепи задержки прохождения сигнала. Это приводит к изменению интервалов времени Δt_2 , Δt_3 , поэтому изменяется период одного полного цикла прохождения прямоугольного сигнала в генераторе, вариация величин параметров элементов первой и второй цепей задержки прохождения сигнала позволяет изменять частоту генерации прямоугольных импульсов, в итоге реализуется частотная манипуляция.

Частотную манипуляцию характеризуют две генерируемые последовательности прямоугольных импульсов (два предыдущих слова добавлены в текст) с частотами f_1 и f_2 . Последовательность прямоугольных импульсов с частотой f_1 генерируется при перепаде $0 \rightarrow 1$ логического напряжения на выходе второго генератора управляющих прямоугольных сигналов, генерация прямоугольных импульсов с частотой f_1 продолжается в течение времени наличия на выходе второго генератора управляющих прямоугольных сигналов напряжения логической единицы. Последовательность прямоугольных импульсов с частотой f_2 генерируется при перепаде $1 \rightarrow 0$ логического напряжения на выходе второго генератора управляющих прямоугольных сигналов, генерация прямоугольных импульсов с частотой f_2 продолжается в течение времени наличия на выходе второго генератора управляющих прямоугольных сигналов напряжения логического нуля, генерация прямоугольных импульсов с частотой f_2 прекращается при перепаде $0 \rightarrow 1$ логического напряжения на выходе второго генератора управляющих прямоугольных сигналов, изменения частот генерации прямоугольных импульсов с f_1 на f_2 и с f_2 на

f_1 осуществляется без разрыва фазы колебаний, частоты генерации прямоугольных импульсов f_1 и f_2 связаны неравенством

$$f_1 > f_2. \quad (2)$$

Проведено моделирование полезной модели: двухканальный генератор - манипулятор прямоугольных импульсов.

Функциональная схема генератора на логических элементах 2ИЛИ-НЕ 74 серии с использованием nМОП транзисторов с индуцированными каналами в конструкции генератора представлена на фиг. 4. При этом использованы следующие элементы: первый генератор (1) управляющих сигналов, первый логический элемент 2ИЛИ-НЕ (2), второй логический элемент 2ИЛИ-НЕ (3), первая цепь задержки прохождения сигналов (5), реализованная в виде П-образного RC-фильтра и содержащая конденсаторы С9, С11 и резистор R10; вторая цепь задержки прохождения сигналов (4), реализованная в виде П-образного RC-фильтра и содержащая конденсаторы С12, С14 и резистор R13; буферный логический элемент (6), реализованный первым (17) и вторым (18) инверторами соответственно; блок (7) регулирования частоты следования прямоугольных импульсов, реализованный в виде первого (15) и второго (16) nМОП транзисторов, второй генератор управляющих импульсов (8).

Электрическая схема генератора прямоугольных импульсов, манипулируемых по амплитуде и по частоте, на логических элементах 2ИЛИ-НЕ с использованием nМОП транзисторов в конструкции генератора представлена на фиг. 5, на которой указаны типы использованных первого (1) и второго (19) генераторов управляющих импульсов, первого (2) и второго (3) логических элементов 2ИЛИ-НЕ, первого (17) и второго (18) инверторов буферного логического элемента (6), параметры индуцированных каналов первого (15) и второго (16) nМОП транзисторов, номиналы параметров элементов цепей задержки прохождения сигналов.

В качестве примера заданы частоты первого (1) и второго (19) управляющих генераторов: 40 кГц и 400 кГц соответственно. Временная диаграмма работы генератора в режиме амплитудной манипуляции приведена на фиг. 6. Временные диаграммы работы генератора в режиме и по амплитуде, и по частоте при вариации температуры в интервале: а) -40°C , б) $+27^{\circ}\text{C}$, в) $+125^{\circ}\text{C}$ приведены на фиг. 7.

Результаты анализа стабильности манипулируемых по частоте генерируемых колебаний с частотами f_1 и f_2 при изменении температуры окружающей среды в интервале от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ приведены в табл. 1.

Таблица 1

$T, ^{\circ}\text{C}$	$f_1, \text{МГц}$	q_1	$f_2, \text{МГц}$	q_2
-40	47.5946	$9.1 \cdot 10^{-3}$	43.1785	0
+27	48.0319	0	43.1785	0
+125	48.2635	$4.8 \cdot 10^{-3}$	43.1785	0

Относительная нестабильность частоты генерации f_2 практически отсутствует. Это объясняется тем, что сопротивление R_{vT} МОП транзистора с индуцированным каналом $R_{vT} = R_{заперт} \rightarrow \infty$, если МОП транзистор выключен (заперт) [Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника: учебник для вузов/ Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров. Под ред. О.П. Глудкина. М.: Радио и связь, 1996. - 768 с., стр. 410].

Относительная нестабильность частоты генерации f_1 в зависимости от температуры лежит в пределах от $9.1 \cdot 10^{-3}$ до $4.8 \cdot 10^{-3}$. Это объясняется влиянием нестабильности параметров $C_{зат1}$ - емкость затвора и эквивалентного сопротивления $Z_{1экв}$ выходной цепи nМОП транзистора Q15, содержащей, R_{i1} - внутреннее

сопротивление, $C_{си1}$ - емкость сток-исток, а также параметров $C_{зат2}$ - емкость затвора и эквивалентного сопротивления $Z_{2экв}$ выходной цепи nМОП транзистора Q16, содержащей, R_{i2} - внутреннее сопротивление, $C_{си2}$ - емкость сток-исток. Для снижения нестабильности генерируемой частоты f_1 выбирать транзисторы Q15, Q16 с малыми значениями емкости затвора $C_{зат1}$ и емкости затвора $C_{зат2}$, а также емкости сток-исток $C_{си1}$ и $C_{си2}$ транзисторов Q15, Q16 соответственно.

Результаты анализа стабильности генерируемых колебаний, манипулированных по частоте, при изменении напряжения источника питания устройства приведены в табл. 2.

Таблица 2

Е, В	f_1 , МГц	q_1	f_2 , МГц	q_2
4.25	48.0319	0	43.1785	0
5.00	48.0319	0	43.1785	0
5.75	48.0319	0	43.1785	0

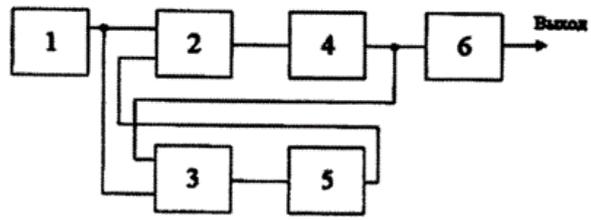
Из табл. следует, что пятнадцатипроцентное изменение напряжения питания устройства не влечет за собой изменений стабильности генерируемых колебаний, манипулированных по частоте.

Таким образом, заявленный генератор за счет изменения его конструкции генерирует и одновременно манипулирует по амплитуде и по частоте генерируемую последовательность прямоугольных импульсов. Это расширяет функциональные возможности известного генератора манипулированных по амплитуде прямоугольных импульсов.

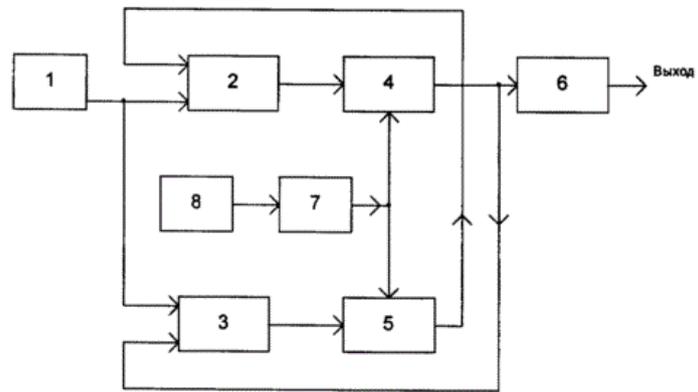
Генератор может быть использован и для реализации манипуляции последовательности прямоугольных импульсов только по одному параметру: либо по амплитуде, либо по частоте.

Формула полезной модели

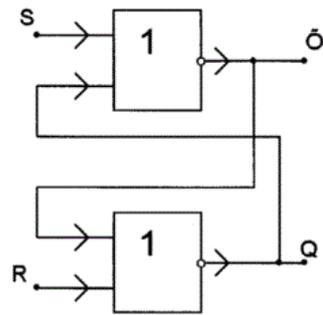
Двухканальный генератор-манипулятор прямоугольных импульсов содержит первый генератор управляющих прямоугольных сигналов, первый логический элемент 2ИЛИ-НЕ, второй логический элемент 2ИЛИ-НЕ, первую цепь задержки прохождения сигнала, вторую цепь задержки прохождения сигнала, входы которых подключены к выходам первого и второго логических элементов 2ИЛИ-НЕ соответственно, выходы первой и второй цепей задержки сигналов подключены к второму входу второго и первого логических элементов 2ИЛИ-НЕ соответственно, буферный логический элемент, состоящий из двух последовательно включенных первого инвертора и второго инвертора соответственно, вход буферного логического элемента подключен к выходу первой цепи задержки прохождения сигнала, выход буферного логического элемента является выходом генератора прямоугольных импульсов, потенциальный выход первого генератора управляющих прямоугольных сигналов подключен к первым входам первого и второго логических элементов 2ИЛИ-НЕ соответственно, отличающийся тем, что введены второй генератор управляющих прямоугольных импульсов, который подключен к затворам первого nМОП транзистора и второго nМОП транзистора, блок регулирования частоты следования прямоугольных импульсов, в котором исток и сток первого nМОП транзистора с индуцированным каналом подключены параллельно резистору R10 первой цепи задержки прохождения сигнала, исток и сток второго nМОП транзистора с индуцированным каналом n-типа подключены параллельно резистору R13 второй цепи задержки прохождения сигнала.



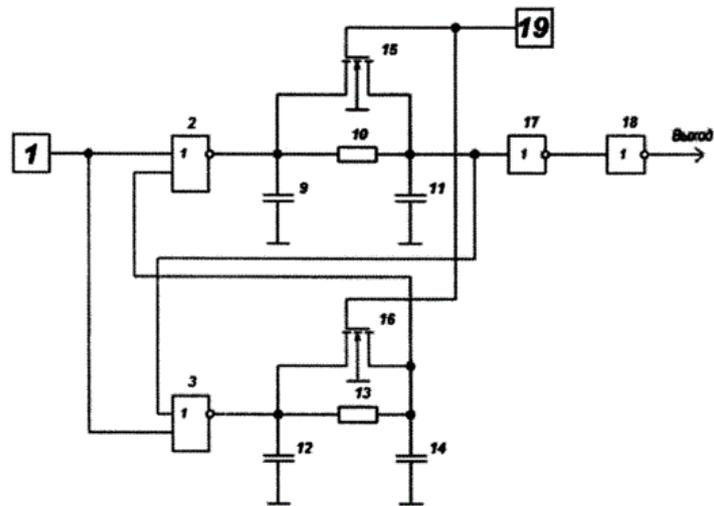
Фиг. 1



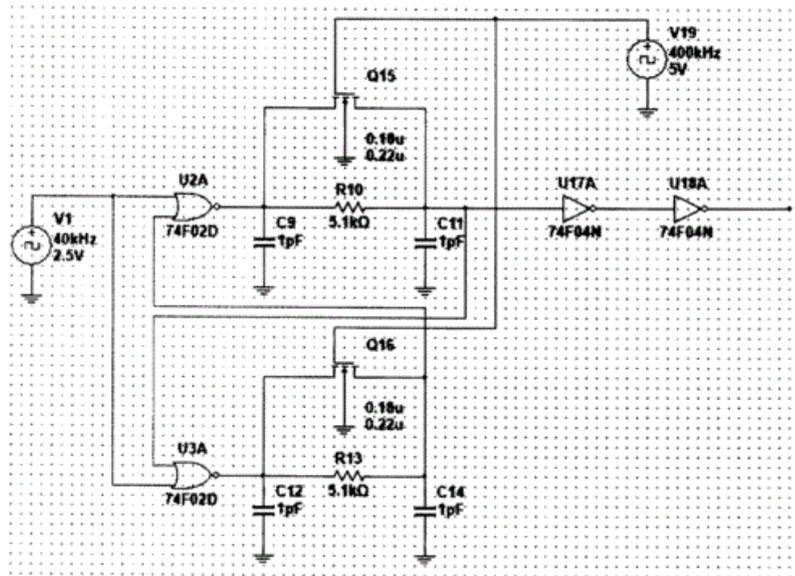
Фиг. 2



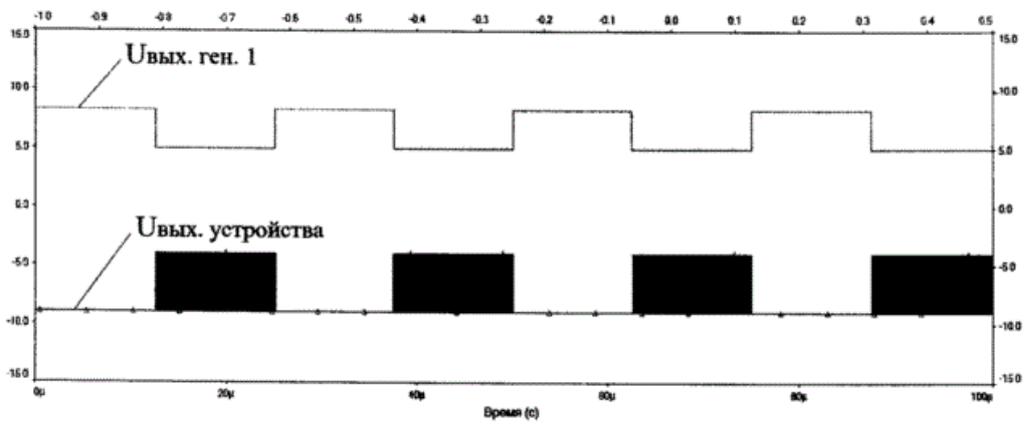
Фиг. 3



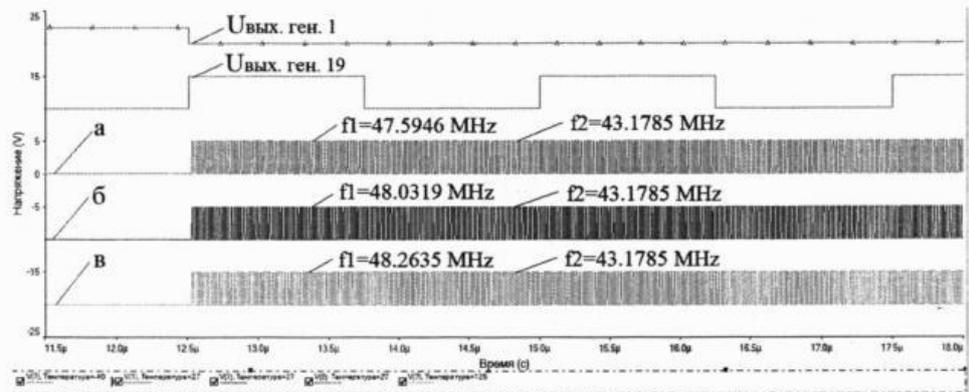
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7