

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU<sup>(11)</sup> **168 893**<sup>(13)</sup> U1

(51) МПК

[H03K 3/027 \(2006.01\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: [2016121550](#), 31.05.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
31.05.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.05.2016

(45) Опубликовано: [27.02.2017](#) Бюл. № 6

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 156008 U1 27.10.2015. RU 149143 U1 20.12.2014. RU 2500065 C2 27.11.2013. US 5455543 A 03.10.1995.

Адрес для переписки:

394026, г. Воронеж, Московский пр-т, 14,  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Воронежский  
государственный технический  
университет" (ВГТУ), патентный отдел

(72) Автор(ы):

Мушта Александр Иванович (RU),  
Проводников Александр Андреевич (RU),  
Сальников Дмитрий Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(54) Генератор частотно модулированных прямоугольных импульсов

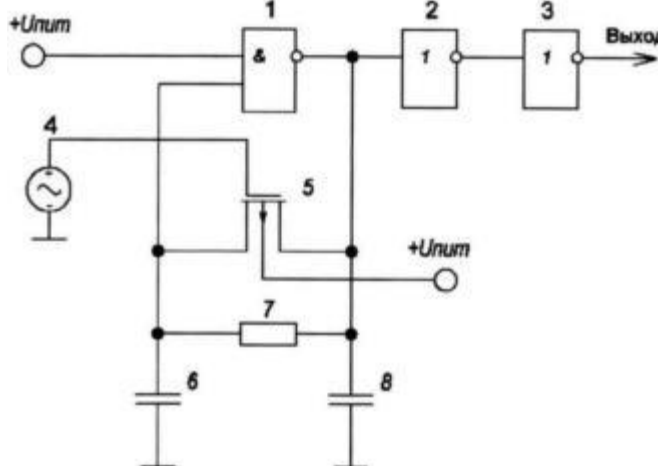
(57) Реферат:

Генератор частотно-модулированных прямоугольных импульсов относится к области радиотехники и может быть использован в радиопередающих устройствах, в измерительной технике в качестве источника прямоугольных импульсов, модулированных по частоте.

Генератор частотно-модулированных прямоугольных импульсов содержит логический элемент 2И-НЕ, генератор модулирующего напряжения, П-образный RC-фильтр, буферный логический элемент, рМОП транзистор с индуцированным каналом.

Достижимый технический результат - расширение арсенала технических средств конструкции генератора на логическом элементе 2И-НЕ частотно-модулированных прямоугольных импульсов.

Технический результат достигается тем, что генератор модулирующего напряжения выполнен таким образом, что приложенное к затвору рМОП транзистора с индуцированным каналом модулирующее напряжение, изменяя величину сопротивления канала рМОП транзистора, порождает изменение времени прохождения сигнала с выхода логического элемента 2И-НЕ на его второй вход для частотной модуляции генерируемых прямоугольных импульсов.



Фиг. 1

Полезная модель относится к области радиотехники и может быть использована в радиопередающих устройствах, в измерительной технике в качестве источника прямоугольных импульсов, модулированных по частоте.

Наиболее близким к заявленному генератору частотно-модулированных прямоугольных импульсов является известный генератор частотно-модулированных прямоугольных импульсов - патент на полезную модель №156008. Заявка 2014147820/08, 26.11.2014. Известный генератор частотно-модулированных импульсов содержит логический элемент (ЛЭ) 2И-НЕ, МОП-транзистор с индуцированным каналом n-типа, генератор модулирующего напряжения, П-образный RC-фильтр, буферный логический элемент, состоящий из первого логического элемента НЕ и второго логического элемента НЕ.

«Мировое производство полупроводниковых изделий в своей подавляющей части основано на конструктивно-технологическом базисе КМОП-приборов» - Г.Я. Красников. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. В 2-х частях. Часть 1. М.: Техносфера, 2002. Между тем, в Патенте №156008 представлена конструкция генератора на логическом элементе 2И-НЕ (1) частотно-модулированных прямоугольных импульсов, которая работоспособна лишь в том случае, когда в конструкции генератора используется только конкретная разновидность МОП транзисторов, а именно nМОП транзистор с индуцированным каналом. Это является недостатком описанного в Патенте №156008 генератора на логическом элементе 2И-НЕ (1). nМОП транзисторы с индуцированным каналом составляют только половину множества МОП транзисторов. Вторую половину типов МОП транзисторов составляют рМОП транзисторы с индуцированным каналом. Приведенный в Патенте №156008 генератор на логическом элементе 2И-НЕ частотно-модулированных прямоугольных импульсов не отвечает на вопрос: каким образом можно использовать большое множество рМОП транзисторов с индуцированным каналом для генерации на логическом элементе 2И-НЕ частотно-модулированных прямоугольных импульсов. Генератор на логическом элементе 2И-НЕ частотно-модулированных прямоугольных импульсов, представленный в Патенте №156008, не пригоден для применения в нем рМОП транзисторов. Поэтому

возникает потребность расширения арсенала технических средств конструкции генератора на логическом элементе 2И-НЕ частотно-модулированных прямоугольных импульсов.

Заявленная полезная модель - генератор частотно-модулированных прямоугольных импульсов - направлена на расширение технических средств, которые позволяют использовать рМОП транзисторы в конструкции генератора на логическом элементе 2И-НЕ, модулированных по частоте прямоугольных импульсов.

Достижимый технический результат - расширение арсенала технических средств конструкции генератора на логическом элементе 2И-НЕ (1) частотно-модулированных прямоугольных импульсов.

Это достигается тем, что введен МОП транзистор (5) с индуцированным каналом р-типа, подложка рМОП транзистора (5) соединена с потенциальным выводом источника питания генератора частотно-модулированных прямоугольных импульсов, выход логического элемента 2И-НЕ (1) соединен с истоком рМОП транзистора (5), второй вход логического элемента 2И-НЕ (1) соединен со стоком рМОП транзистора (5), потенциальный выход генератора модулирующего напряжения (4) соединен с затвором рМОП транзистора (5), генератор модулирующего напряжения выполнен таким образом, что приложенное к затвору рМОП транзистора (5) модулирующее напряжение генератора (4), изменяя величину сопротивления канала рМОП транзистора (5), порождает изменение времени прохождения сигнала с выхода логического элемента 2И-НЕ (1) на его второй вход для частотно-й модуляции генерируемых прямоугольных импульсов.

На фиг. 1 представлена функциональная схема генератора на логическом элементе 2И-НЕ (1) частотно-модулированных импульсов. Заявленный генератор содержит логический элемент 2И-НЕ (1), генератор модулирующего напряжения (4), П-образный RC-фильтр, состоящий из первого (6) и второго (8) конденсаторов постоянной емкости и резистора (7) постоянного сопротивления, буферный логический элемент, состоящий из первого логического элемента НЕ (2) и второго логического элемента НЕ (3), первый вход логического элемента 2И-НЕ (1) подключен к потенциальному выходу  $+U_{пит}$  источника питания устройства, выход логического элемента 2И-НЕ (1) соединен с входом буферного логического элемента, при этом выход первого логического элемента НЕ (2) соединен с входом второго логического элемента НЕ (3), выход второго логического элемента НЕ (3) является выходом генератора частотно- модулированных прямоугольных импульсов, выход логического элемента 2И-НЕ (1) соединен с первым выводом резистора (7) и первым выводом конденсатора (8), второй вход логического элемента 2И-НЕ (1) соединен со вторым выводом резистора (7) и первым выводом конденсатора (6), вторые выводы конденсаторов (6) и (8) соединены с общей шиной источника питания устройства. В конструкцию генератора на логическом элементе 2И-НЕ (1) частотно-модулированных импульсов введен МОП транзистор (5) с индуцированным каналом р-типа, подложка рМОП транзистора (5) соединена с потенциальным выводом источника питания устройства, исток рМОП транзистора соединен с выходом ЛЭ 2И-НЕ, сток рМОП транзистора соединен с вторым входом ЛЭ 2И-НЕ, потенциальный выход генератора модулирующего напряжения (4) присоединен к затвору рМОП транзистора.

На фиг. 2 представлены осциллограммы выходного сигнала генератора (4) модулирующего напряжения (фиг. 2, а) и выходного сигнала генератора (фиг. 2, б) на логическом элементе 2И-НЕ (1) частотно- модулированных прямоугольных импульсов с рМОП транзистором (5) в конструкции генератора.

Генератор частотно-модулированных импульсов работает следующим образом. В исходном состоянии напряжение на первом входе ЛЭ 2И-НЕ (1) равно уровню логической единицы, напряжение на втором входе ЛЭ 2И-НЕ (1) равно уровню

логического нуля. Поэтому на выходе ЛЭ 2И-НЕ (1) формируется логическая единица, которая с задержкой  $t_{\text{зад1}}$  передается через фильтр, состоящий из элементов: конденсатор С8, резистор  $R_{\text{экв}}$ , конденсатор С6, на второй вход ЛЭ 2И-НЕ (1). Сопротивление резистора  $R_{\text{экв}}$ , образованное параллельно соединенными выходом исток-сток рМОП транзистора (5) и сопротивлением резистора (7), представляет собой фиксированную величину. В течение времени  $t=t_{\text{зад1}}$ , которое необходимо для прохождения сигнала с выхода ЛЭ 2И-НЕ (1) на его второй вход, напряжение на выходе генератора равно логической единице. По истечении времени  $t=t_{\text{зад1}}$  на каждом их входов ЛЭ 2И-НЕ (1) имеется логическая единица, поэтому на выходе ЛЭ 2И-НЕ (1) формируется логический ноль. Напряжение логического нуля через фильтр, образованный элементами: конденсатор С8, резистор  $R_{\text{экв}}$ , конденсатор С6, с задержкой  $t=t_{\text{зад2}}$  передается на второй вход ЛЭ 2И-НЕ (1). В течение времени  $t=t_{\text{зад2}}$  на выходе генератора напряжение равно логическому нулю. Полное время задержки сигнала ( $t_{\text{зад}\Sigma}$ ) за один период генерации прямоугольной импульсной последовательности равно

$(t_{\text{зад}\Sigma}) = t_{\text{зад1}} + t_{\text{зад2}} = t_1$  (на выходе ЛЭ 2И-НЕ  $\rightarrow 1$  на втором входе ЛЭ 2И-НЕ) +  $t_2$  (0 на выходе ЛЭ 2И-НЕ  $\rightarrow 0$  на втором входе ЛЭ 2И-НЕ).

Таким образом, при отсутствии модулирующего напряжения на затворе рМОП транзистора (5) на выходе ЛЭ 2И-НЕ (1), а, значит, и на выходе заявленного генератора формируется последовательность прямоугольных импульсов с частотой следования  $f_{\text{ген}} = 1/t_{\text{зад}\Sigma}$ . При этом частотная модуляция генерируемой импульсной последовательности отсутствует. При изменении модулирующего напряжения на выходе генератора (4) сопротивление канала рМОП транзистора (5) изменяется по закону изменения напряжения, воздействующего на затвор рМОП транзистора (5), поэтому сопротивление  $R_{\text{экв}}$  также изменяется по закону изменения управляющего напряжения. В результате характер изменения полного времени задержки сигнала ( $t_{\text{зад}\Sigma}$ ) прямоугольной импульсной последовательности с выхода логического элемента 2И-НЕ (1) на его второй вход подчиняется закону изменения модулирующего напряжения генератора (4). Это приводит к частотно-й модуляции генерируемых прямоугольных импульсов. Таким образом, приложенное к затвору рМОП транзистора (5) модулирующее напряжение генератора (4), изменяя величину сопротивления канала рМОП транзистора (5), порождает изменение времени прохождения сигнала с выхода логического элемента 2И-НЕ (1) на его второй вход для реализации частотно-й модуляции генерируемых прямоугольных импульсов.

Проведено моделирование полезной модели генератора на логическом элементе 2И-НЕ (1) частотно-модулированных прямоугольных импульсов. Используются: параметры рМОП транзистора (5): канал р-типа; длина канала  $L=0,18$  мкм, ширина канала  $W=0,22$  мкм.; параметры элементов:  $C1=1\text{pF}$ ,  $C2=1\text{pF}$ ,  $R1=5,1\text{k}\Omega$ ; типы элементов: ЛЭ 2И-НЕ (1) - 74F00D, первый (2) и второй (3) логические элементы НЕ - 74F04N; источник питания  $VCC 5\text{ V}$ ; генератор модулирующего напряжения (4): амплитуда напряжения  $2\text{ V}$ , частота модулирующего напряжения  $400\text{ kHz}$  (зависимость «а» на фиг. 2). Такая величина частоты принята для обеспечения наглядности результатов моделирования. На выходе генератора получены частотно-модулированные прямоугольные импульсы, изменяющиеся по закону модулирующего сигнала (зависимость «б» на фиг. 2). Из приведенных диаграмм видно, что с увеличением напряжения модулирующего сигнала значение частоты генерации уменьшается, достигает в данном случае значения  $f_{\text{min}} \approx 50,1701\text{ МГц}$ . Это объясняется тем, что с ростом напряжения на затворе рМОП (5) транзистора сопротивление канала рМОП (5) транзистора увеличивается. При этом растет сопротивление  $R_{\text{экв}}$ , что увеличивает время задержки ( $t_{\text{зад}\Sigma}$ ) прохождения сигнала с выхода логического элемента 2И-НЕ (1) на его второй вход за период генерации прямоугольной импульсной последовательности. Поэтому в результате частота

следования прямоугольной импульсной последовательности снижается. При уменьшении напряжения модулирующего сигнала наблюдается противоположный процесс. Частота выходных импульсов увеличивается, так как сопротивление канала рМОП транзистора (5) с индуцированным каналом р-типа снижается, уменьшая при этом время задержки ( $t_{\text{зад}\Sigma}$ ) прохождения сигнала с выхода логического элемента 2И-НЕ (1) на его второй вход за период генерации прямоугольной импульсной последовательности. Максимальное значение частоты генерации в данном случае достигает значения  $f_{\text{max}} \approx 52.3517$  МГц.

Таким образом, заявленная полезная модель расширяет арсенал технических средств конструкции генератора на ЛЭ 2И-НЕ (1) частотно-модулированных прямоугольных импульсов, позволяющих реализовать в генераторе на ЛЭ 2И-НЕ (1) генерацию последовательности прямоугольных импульсов, модулированных по частоте, применив в конструкции заявленного генератора МОП транзистор (5) с индуцированным каналом р-типа.

Осуществление частотно-й модуляции генерируемой последовательности прямоугольных импульсов обусловлено изменением сопротивления канала рМОП транзистора (5) с индуцированным каналом под действием модулирующего напряжения генератора (4), воздействующего на затвор рМОП транзистора (5).