

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2556438

### ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ, НЕИСКАЖАЮЩАЯ ИМПУЛЬС

Патентообладатель(ли): **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники" (РУ)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013159347

Приоритет изобретения **30 декабря 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **16 июня 2015 г.**

Срок действия патента истекает **30 декабря 2033 г.**

*Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности*

*Л.Л. Кирий*

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L.L. Kiriy', is written over the printed name.



Автор(ы): *Суровцев Роман Сергеевич (RU), Газизов Тальгат Рашитович (RU), Заболоцкий Александр Михайлович (RU)*



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013159347/08, 30.12.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.12.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2013

(45) Опубликовано: 10.07.2015 Бюл. № 19

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 80010 U1, 20.01.2009, (см. прод.)

Адрес для переписки:

634050, г.Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР,  
патентно-информационный отдел

(72) Автор(ы):

Суровцев Роман Сергеевич (RU),  
Газизов Тальгат Рашитович (RU),  
Заболоцкий Александр Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Томский  
государственный университет систем  
управления и радиоэлектроники" (RU)

## (54) ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ, НЕИСКАЖАЮЩАЯ ИМПУЛЬС

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для передачи импульсного сигнала в линиях задержки печатных плат без искажений его формы. Достигаемый технический результат - обеспечение прохождения импульсного сигнала без искажений его формы. Линия задержки, не искажающая импульс, состоит из одного опорного проводника, двух

параллельных ему и друг другу сигнальных проводников, соединенных между собой на одном конце, и диэлектрической среды, при этом погонные задержки четной и нечетной мод линии равны, а произведение их суммы на длину линии больше или равно сумме длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса. 2 ил.

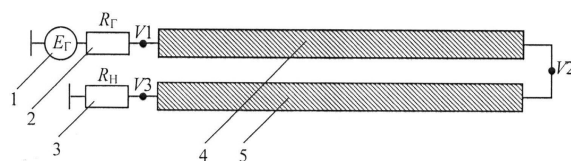


Схема устройства и его соединений

Фиг. 1

(56) (продолжение):

RU 2431912 C1, 20.10.2011, RU 79355 U1, 27.12.2008, US 6337609 B1, 08.01.2002, US 7075363 B1, 11.07.2006



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013159347/08, 30.12.2013  
 (24) Effective date for property rights:  
30.12.2013  
 Priority:  
 (22) Date of filing: 30.12.2013  
 (45) Date of publication: 10.07.2015 Bull. № 19  
 Mail address:  
634050, g.Tomsk, pr. Lenina, 40, TUSUR, patentno-  
informatcionnyj otdel

(72) Inventor(s):  
Surovtsev Roman Sergeevich (RU),  
Gazizov Tal'gat Rashitovich (RU),  
Zabolotskij Aleksandr Mikhajlovich (RU)  
 (73) Proprietor(s):  
Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Tomskij  
gosudarstvennyj universitet sistem upravlenija  
i radioelektroniki" (RU)

(54) **NON-JAMMING DELAY LINE**

(57) Abstract:  
 FIELD: electricity.  
 SUBSTANCE: non-jamming delay line consists of one base track, two signal tracks interconnected at one end and parallel to each other and to the above track and a dielectric medium, at that board delays per the unit length of even and odd line modes are equal and the production of their sum to the line length is more or equal to the sum of lengths of the front edge, flat top and rear edge.

EFFECT: passage of a pulse signal without its shape jamming.

2 dwg

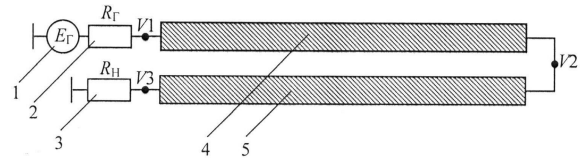


Схема устройства и его соединений  
Фиг. 1

RU 2 556 438 C1

RU 2 556 438 C1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для передачи импульсного сигнала в линиях задержки печатных плат без искажений его формы.

При проектировании высокоскоростной цифровой электроники требуется синхронизация тактируемых сигналов в точках приема. Необходимо, чтобы все трассы, подведенные к точкам приема, обеспечивали одинаковые задержки сигналов. Для этого часто используют меандровые линии задержки. Однако импульсный сигнал в меандре с высокой плотностью проводников, к которой стремятся для уменьшения занимаемой площади, приходит в точку приема искаженным из-за наводок, инициируемых от фронта и спада сигнала на концах проводников меандра. Следствием является уменьшение задержки в линии. Таким образом, меандровые линии задержки либо не обеспечивают заданную задержку из-за искажений, либо занимают большую площадь на печатной плате.

Известна меандровая линия задержки из одного витка [Газизов Т.Р. Искажения импульсного сигнала в простых меандровых линиях / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Инфокоммуникационные технологии. - 2006. - Том.4, №3. - С.34-38], обеспечивающая прохождение импульса по проводнику без искажений его формы.

Недостатком этого устройства является необходимость двух опорных плоскостей и однородного диэлектрического заполнения между ними.

Наиболее близкой к заявляемому устройству является меандровая линия на основе связанной микрополосковой линии [Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1990. - 288 с.: ил. ISBN 5-256-00663-0], состоящая из одного опорного проводника, двух параллельных ему и друг другу сигнальных проводников, соединенных между собой на одном конце, и диэлектрической среды.

Недостатком устройства-прототипа является наличие искажений формы импульса, проходящего по проводнику, из-за сильных взаимных связей между полувитками.

Заявляемая линия задержки, состоящая из одного опорного проводника, двух параллельных ему и друг другу сигнальных проводников, соединенных между собой на одном конце, и диэлектрической среды, отличается тем, что погонные задержки четной и нечетной мод линии равны, а произведение их суммы на длину линии больше или равно сумме длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса.

Достоинством заявляемой линии задержки, в отличие от устройства-прототипа, является обеспечение прохождения импульсного сигнала без искажений его формы.

Технический результат, на достижение которого направлена предлагаемая линия задержки, - обеспечение задержки импульсного сигнала без искажения его формы. Технический результат достигается за счет неоднородности диэлектрического заполнения, в котором размещены проводники устройства: геометрические параметры проводников и диэлектриков, а также относительная диэлектрическая проницаемость диэлектриков, выбираются таким образом, что погонные задержки четной и нечетной мод линии равны. (В однородном диэлектрическом заполнении погонные задержки четной и нечетной мод линии всегда равны. Но в заявляемом устройстве такое равенство достигается именно за счет неоднородности диэлектрического заполнения при соответствующем выборе параметров.) Когда погонные задержки четной и нечетной мод линии равны, а выбором длины линии достигается значение задержки в линии, большее или равное сумме длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса, то форма импульсного сигнала не искажается. Перед импульсом сигнала появляется импульс в виде трапеции положительной полярности, а после - отрицательной.

Появившиеся импульсы - это, в терминологии связанных линий, наводка на ближнем

конце пассивной линии, амплитуда которой пропорциональна четверти суммы емкостной и индуктивной связей. Но эта наводка не искажает форму импульса.

На фиг.1 приведена эквивалентная схема заявляемой линии задержки и ее соединения. Линия состоит из двух параллельных проводников 4, 5 в диэлектрическом заполнении, соединенных между собой на одном конце. Один из проводников линии соединен с источником импульсных сигналов, представленным на схеме идеальным источником э.д.с. 1 и внутренним сопротивлением 2 ( $R_{Г}$ ). Другой проводник линии соединен с приемным устройством, представленным на схеме сопротивлением 3 ( $R_{Н}$ ).

Реализуемость меандровой линии на практике представлена на фиг.2 на двух примерах поперечного сечения: когда проводник меандра сверху покрыт одним диэлектрическим слоем (а) и двумя диэлектрическими слоями (б). На графиках фиг.2 показаны формы сигналов в начале и конце меандровой линии для эквивалентной схемы фиг.1. Из графиков видно, что форма самого импульса в конце линии не искажается, но появляются импульсы в виде трапеции (перед импульсом сигнала - положительной полярности, а после - отрицательной).

Параметры поперечных сечений фиг.2 и длины меандровых линий передачи выбраны таким образом, чтобы выполнялись условия

$$\tau_e = \tau_o, \quad (1)$$

$$(\tau_e + \tau_o) \cdot l \geq t_r + t_d + t_f, \quad (2)$$

где  $\tau_e$  и  $\tau_o$  - погонные задержки четной и нечетной мод, а  $t_r$ ,  $t_d$  и  $t_f$  - длительности фронта, плоской вершины и спада импульса соответственно.

Погонные задержки четной и нечетной мод для симметричной, относительно опорного проводника, структуры связанных линий передачи вычисляются как [Малютин И.Д. Многосвязные полосковые структуры и устройства на их основе / Н.Д. Малютин. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 1990. - 164 с.]

$$\tau_e = \sqrt{(L_{11} \cdot C_{11} + L_{12} \cdot C_{12}) + (L_{12} \cdot C_{11} + L_{11} \cdot C_{12})}, \quad (3)$$

$$\tau_o = \sqrt{(L_{11} \cdot C_{11} + L_{12} \cdot C_{12}) - (L_{12} \cdot C_{11} + L_{11} \cdot C_{12})}, \quad (4)$$

где  $C_{11}$  и  $C_{12}$  - соответствующие коэффициенты матрицы погонных емкостей, а  $L_{11}$  и  $L_{12}$  - индуктивностей.

Параметры линии задержки на фиг.2а: ширина и толщина проводников соответственно 120 мкм и 30 мкм, расстояние между проводниками 120 мкм, расстояние от края структуры до проводника 360 мкм, толщина диэлектрической подложки 100 мкм, толщина покрывающего диэлектрического слоя 50 мкм; относительная диэлектрическая проницаемость: подложки - 4,49; покрывающего слоя - 4,9.

Матрицы погонных емкостей и индуктивностей соответственно для фиг.2а:

$$C = \begin{bmatrix} 112,38 & -23,20 \\ -23,20 & 112,38 \end{bmatrix} \text{ пФ/м}, \quad L = \begin{bmatrix} 339,52 & 69,93 \\ 69,93 & 339,52 \end{bmatrix} \text{ нГн/м}.$$

Используя (3) и (4), получаем  $\tau_e=6,043$  нс/м,  $\tau_o=6,046$  нс/м. Таким образом, условие (1) выполняется с хорошей точностью. При длине линии  $l=25,5$  мм, произведение суммы погонных задержек четной и нечетной мод сигнала на длину линии составляет 302,2 пс. Сумма длительностей фронта, плоской вершины и спада импульсного сигнала составляет 300 пс. Таким образом выполняется условие (2).

Параметры линии задержки на фиг.2б: ширина и толщина проводников

соответственно 300 мкм и 30 мкм, расстояние между проводниками 300 мкм, расстояние от края структуры до проводника 900 мкм, толщина диэлектрической подложки 400 мкм, толщина первого покрывающего диэлектрического слоя 100 мкм, толщина второго покрывающего диэлектрического слоя 50 мкм, относительная диэлектрическая проницаемость: подложки - 4,49; первого покрывающего слоя - 4,9; второго - 7.

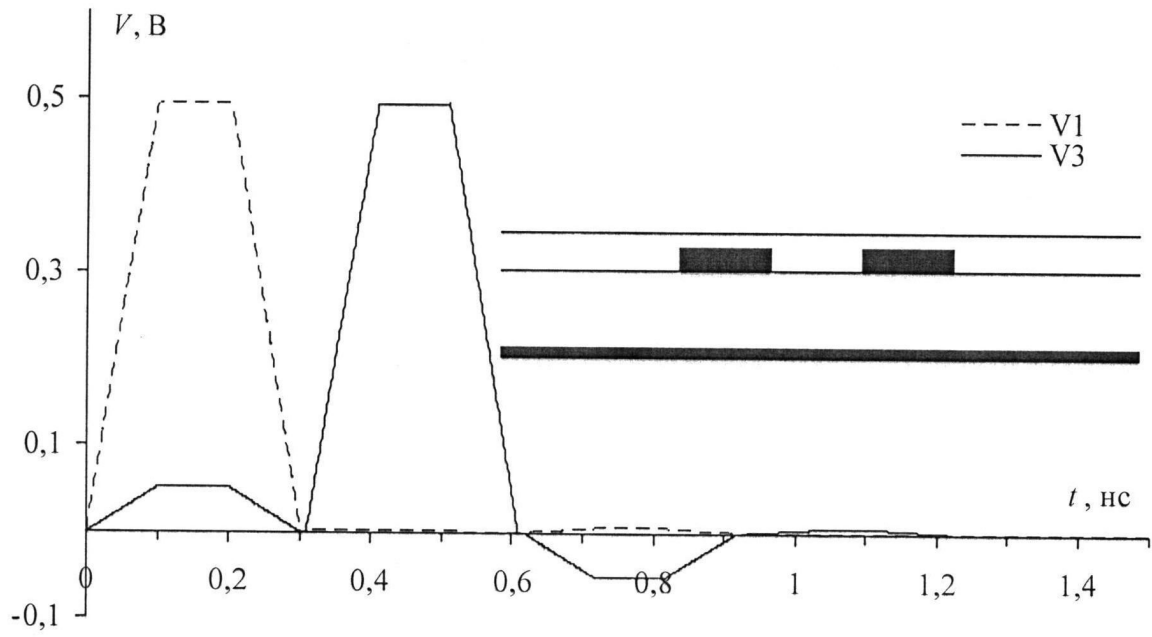
Матрицы погонных емкостей и индуктивностей соответственно для фиг.2б:

$$C = \begin{bmatrix} 87,87 & -22,67 \\ -22,67 & 87,87 \end{bmatrix} \text{ пФ/м}, L = \begin{bmatrix} 444,89 & 114,81 \\ 114,81 & 444,89 \end{bmatrix} \text{ нГн/м}.$$

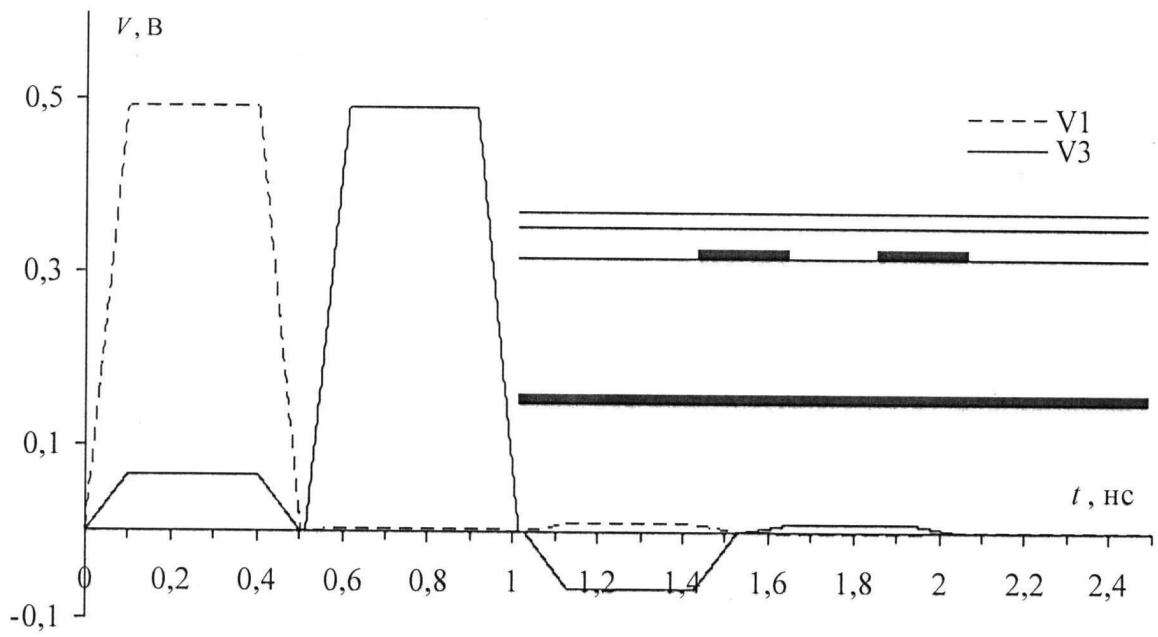
Аналогично для конфигурации фиг.2б  $\tau_e=6,041$  нс/м,  $\tau_o=6,040$  нс/м, т.е. условие (1) выполняется с хорошей точностью. Длина линии составляет 42,5 мкм, а произведение  $(\tau_e+\tau_o) \cdot l$  составляет 513,5 нс. Так как сумма длительностей фронта, плоской вершины и спада импульсного сигнала - 500 нс, то выполняется условие (2).

#### Формула изобретения

Линия задержки, не искажающая импульс, состоящая из одного опорного проводника, двух параллельных ему и друг другу сигнальных проводников, соединенных между собой на одном конце, и диэлектрической среды, отличающаяся тем, что погонные задержки четной и нечетной мод линии равны, а произведение их суммы на длину линии больше или равно сумме длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса.



a)



б)

Формы сигнала в начале (---) и конце (—) линии задержки с одним (а) и двумя (б) покрывающими диэлектрическими слоями

Фиг. 2



Сведения об изменениях или дополнениях  
отражаются в Приложении к патенту

