

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2568327

МЕАНДРОВАЯ ЛИНИЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАДЕРЖКОЙ

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

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014108688

Приоритет изобретения **05 марта 2014 г.**

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

Срок действия патента истекает **05 марта 2034 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

 **Г.П. Ивлиев**



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



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014108688/08, 05.03.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.03.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.03.2014

(43) Дата публикации заявки: 10.09.2015 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 20.11.2015 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2431912 C1, 20.10.2011. SU 315286 A1, 30.07.1985. RU 2453036 C2, 10.06.2012. WO 2008061052 A2, 22.05.2008.

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):

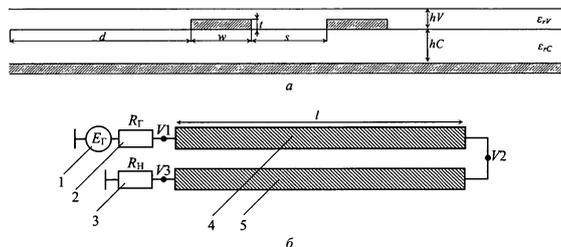
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Томский
государственный университет систем
управления и радиоэлектроники" (RU)

(54) МЕАНДРОВАЯ ЛИНИЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАДЕРЖКОЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в меандровых линиях печатных плат. Достигаемый технический результат - обеспечение дополнительной задержки импульса с минимальными искажениями его формы. Меандровая линия с дополнительной задержкой состоит из одного опорного проводника, двух параллельных ему друг другу сигнальных проводников, соединенных между собой на одном конце, и диэлектрической среды,

при этом произведение суммы значений погонных задержек четной и нечетной мод на длину линии больше или равно сумме длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса, а значение погонной задержки нечетной моды линии больше разности значения погонной задержки четной моды и значения разности между значением погонной задержки четной или нечетной моды, в случае их равенства, и значением погонной задержки одиночной линии. 3 ил.



Пример поперечного сечения заявляемой меандровой линии (а)
и её эквивалентная схема (б)

Фиг. 1

RU 2 568 327 C2

RU 2 568 327 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014108688/08, 05.03.2014

(24) Effective date for property rights:
05.03.2014

Priority:

(22) Date of filing: 05.03.2014

(43) Application published: 10.09.2015 Bull. № 25

(45) Date of publication: 20.11.2015 Bull. № 32

Mail address:

634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 40, TUSUR, patentno-informatsionnyj 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) **MEANDER LINE WITH ADDITIONAL DELAY**

(57) Abstract:

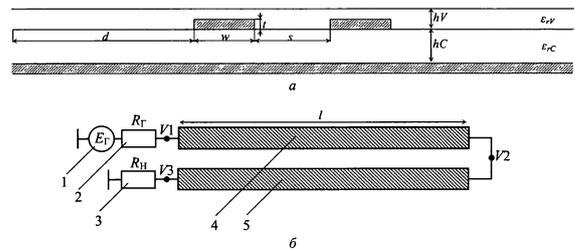
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention refers to the sphere of electric engineering and may be used in meander lines of printed circuit boards. The meander line with additional delay consists of one base conductor, two signal tracks parallel to the base conductor and to each other and interconnected at one end, and dielectric medium, at that the product of sums of board delays per unit length of even and odd modes times line length is more or equal to the sum of rise time, flat top and tailing edge time, and value of board delays per unit length of odd mode for the line is more than difference between value of board delays per unit length of even and odd mode in case of their evenness and value of

board delays per unit length of a single line.

EFFECT: additional pulse delay is provided with minimum pulse form distortion.

3 dwg



Пример поперечного сечения заявляемой меандровой линии (а) и её эквивалентная схема (б)

Фиг. 1

RU 2 568 327 C2

RU 2 568 327 C2

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для передачи импульсного сигнала в меандровых линиях печатных плат с дополнительной задержкой и минимальными искажениями формы импульса.

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. 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 неконтролируемое уменьшение задержки в линии и искажение формы импульса. В случае когда задержка в линии меньше требуемой, необходимо увеличивать ее длину, а вместе с тем и площадь, занимаемую на поверхности печатной платы. 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.

Недостатками устройства-прототипа являются неконтролируемое уменьшение задержки в линии и искажение формы импульса и наличие искажений формы импульса, проходящего по линии, из-за сильных взаимных связей между полувитками.

Заявляемая меандровая линия с дополнительной задержкой, 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 произведение суммы значений погонных задержек четной и нечетной мод на длину линии больше или равно сумме длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса, а значение погонной задержки нечетной моды линии больше разности значения погонной задержки четной моды и значения разности между значением погонной задержки четной или нечетной моды, в случае их равенства, и значением погонной задержки одиночной линии.

Достоинством заявляемой меандровой линии, в отличие от устройства-прототипа, является обеспечение прохождения импульса с дополнительной задержкой и минимальными искажениями его формы.

Технический результат, на достижение которого направлена предлагаемая меандровая линия задержки, - обеспечение дополнительной задержки импульса с минимальными искажениями его формы.

Технический результат прежде всего достигается за счет выбора длины линии таким образом, чтобы значение задержки в меандровой линии было больше или равно сумме длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса. При этом условии форма

импульса не искажается, хотя перед ним появляется импульс в виде трапеции положительной полярности, а после него - отрицательной. Появившиеся импульсы - это, в терминологии связанных линий, наводка на ближнем конце пассивной линии, амплитуда которой пропорциональна четверти суммы емкостной и индуктивной связей.

5 Но эта наводка не искажает форму импульса. Также для достижения технического результата необходимо, чтобы значение погонной задержки нечетной моды линии было больше разности значения погонной задержки четной моды и значения разности между значением погонной задержки четной или нечетной моды, в случае их равенства, и значением погонной задержки одиночной линии. При этом условии на фронт и спад

10 импульса накладывается наводка отрицательной полярности, которая в терминологии связанных линий является дальней перекрестной помехой, а ее амплитуда пропорциональна четверти разности емкостной и индуктивной связей между сигнальными проводниками. За счет суммирования импульса сигнала положительной полярности и наводки отрицательной полярности в конце меандровой линии

15 наблюдается дополнительная задержка. При этом искажаются фронт и спад импульсного сигнала, но эти искажения незначительны.

На фиг.1а приведен пример поперечного сечения заявляемой линии, когда проводник меандра сверху покрыт одним диэлектрическим слоем. Параметры поперечного сечения: w и t - соответственно ширина и толщина проводника, s - расстояние между

20 проводниками, d - расстояние от края структуры до проводника, hC - толщина слоя подложки, hV - толщина покрывающего слоя, а ϵ_{rC} и ϵ_{rV} - соответственно относительные диэлектрические проницаемости подложки и покрывающего слоя. На фиг.1б приведена эквивалентная схема заявляемой меандровой линии с длиной полувитка l . Линия состоит из двух параллельных проводников 4, 5 в диэлектрическом заполнении, соединенных

25 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 R_{Γ} 2. Другой проводник линии соединен с приемным устройством, представленным на схеме сопротивлением R_{H} 3.

30 Положительный эффект изобретения показан на графиках фиг.3, полученных при моделировании. Значения R_{Γ} и R_{H} приняты при моделировании равными 50 Ом, а длительности фронта, плоской вершины и спада импульса - по 100 пс каждая. Также важно отметить, что диэлектрическое заполнение рассматриваемой линии будет меняться только за счет изменения ϵ_{rV} , а остальные геометрические и электрические параметры

35 структуры при этом неизменны.

Параметры поперечного сечения на фиг.2а и длина меандровой линии выбраны таким образом, чтобы выполнялись условия

$$(\tau_e + \tau_o) \cdot l \geq t_r + t_d + t_f, \quad (1)$$

40 $\tau_o > \tau_e - \tau'_1, \quad (2)$

где τ_e и τ_o - значения погонных задержек четной и нечетной мод, l - длина полувитка, t_r ,

t_d и t_f - длительности фронта, плоской вершины и спада импульса соответственно, а

45 τ'_1 вычисляется по формуле

$$\tau'_1 = \tau_{e=0} - \tau_1, \quad (3)$$

где $\tau_{e=0}$ - погонная задержка четной или нечетной моды линии, при условии их

равенства, а τ_1 - погонная задержка одиночной линии, определяемая по формуле

$$\tau_1 = \sqrt{L \cdot C}, \quad (4)$$

где L - погонная индуктивность одиночной линии, а C - погонная емкость одиночной линии.

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

$$\tau_e = \sqrt{(L_{11} \cdot C_{11} + L_{12} \cdot C_{12}) + (L_{12} \cdot C_{11} + L_{11} \cdot C_{12})}, \quad (5)$$

$$\tau_o = \sqrt{(L_{11} \cdot C_{11} + L_{12} \cdot C_{12}) - (L_{12} \cdot C_{11} + L_{11} \cdot C_{12})}, \quad (6)$$

где C_{11} и C_{12} , L_{11} и L_{12} - соответствующие элементы матриц (коэффициентов электростатической и электромагнитной индукции) L и C .

При условии равенства значений погонных задержек четной и нечетной мод линии слагаемое $(L_{12} \cdot C_{11} + L_{11} \cdot C_{12}) = 0$, тогда

$$\tau_{e=0} = \sqrt{L_{11} \cdot C_{11} + L_{12} \cdot C_{12}}. \quad (7)$$

Таким образом, подставляя (7) и (4) в (3), получаем

$$\tau' = \sqrt{(L_{11} \cdot C_{11} + L_{12} \cdot C_{12})} - \sqrt{L \cdot C}. \quad (8)$$

Для выполнения условия (1) рассмотрим линию, представленную на фиг.1 а. Параметры поперечного сечения: $w=120$ мкм, $t=30$ мкм, $s=150$ мкм, $d=360$ мкм, $hC=100$ мкм, $hV=50$ мкм; $\epsilon_{rC}=4,49$; $\epsilon_{rV}=9,2$. Вычисленные матрицы:

$$C = \begin{bmatrix} 141,97 & -32,71 \\ -32,71 & 141,97 \end{bmatrix} \text{ пФ/м}, \quad L = \begin{bmatrix} 339,89 & 57,57 \\ 57,57 & 339,89 \end{bmatrix} \text{ нГн/м}.$$

Используя (5) и (6), получаем $\tau_e=6,59$ нс/м, $\tau_o=7,023$ нс/м. При длине линии $l=25$ мм произведение суммы погонных задержек четной и нечетной мод сигнала на длину линии составляет 340,3 пс. Сумма длительностей фронта, плоской вершины и спада импульсного сигнала составляет 300 пс. Таким образом, выполняется условие (1).

Для выполнения условия (2) рассмотрим аналогичную меандровую линию, но с $\epsilon_{rV}=4,79$. Для такой линии:

$$C = \begin{bmatrix} 119,42 & -20,22 \\ -20,22 & 119,42 \end{bmatrix} \text{ пФ/м}, \quad L = \begin{bmatrix} 339,89 & 57,57 \\ 57,57 & 339,89 \end{bmatrix} \text{ нГн/м}.$$

Используя (5) и (6), получаем $\tau_e=6,2791$ нс/м, $\tau_o=6,2790$ нс/м. Таким образом, погонные задержки четной и нечетной моды совпадают с точностью до третьего знака.

Для расчета τ_1 рассмотрим одиночную линию передачи с аналогичными электрическими и геометрическими параметрами проводника и диэлектриков (фиг.1 а). Погонные емкость и индуктивность соответственно $C=114,49$ пФ/м и $L=342,29$ нГн/м.

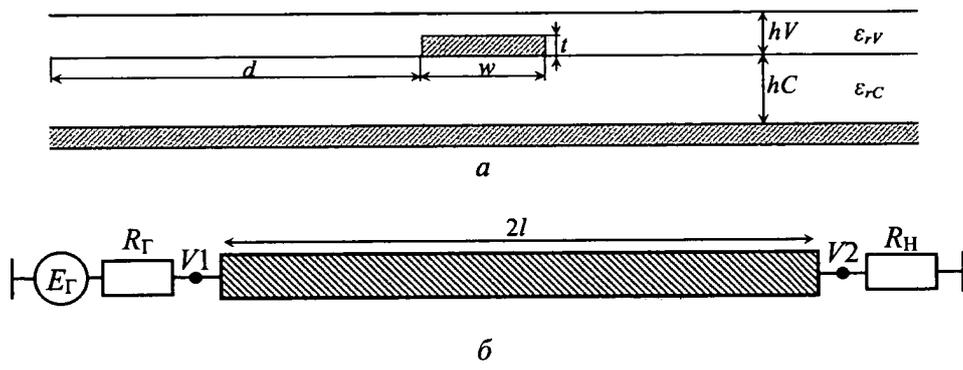
Используя полученные матрицы для меандровой линий и значения погонных емкостей и индуктивностей одиночной линии, по (8) получаем $\tau'=0,019$ нс/м. Подставив значения $\tau_e=6,59$ нс/м, $\tau_o=7,023$ нс/м и $\tau'=0,019$ нс/м в (2), получаем $7,023 > 6,40$ (нс/м). Таким образом, условие (2) выполняется.

На фиг.3 показаны формы сигналов в конце меандровой (V3) и одиночной (V2) линий (с одинаковой общей длиной проводника 2l) для эквивалентных схем линий на фиг.1б

и 2б. Формы V2 и V3 приведены для двух случаев, когда $\tau_e = \tau_0$ и $\tau_0 > \tau_e + \tau'$. Разность задержек между V3 и V2 для $\tau_e = \tau_0$, отнесенная к l, есть τ' . Значение τ' по графику составляет 0,048 нс/м, а вычисленного аналитически - 0,019 нс/м. Различие может быть вызвано неточным выполнением условия $\tau_e = \tau_0$ и неполным согласованием линий с нагрузками. Из фиг.3б видно, что заявляемая меандровая линия имеет дополнительную задержку, значение которой больше на Δt , чем задержка в одиночной линии. Таким образом, показан положительный эффект заявляемой линии.

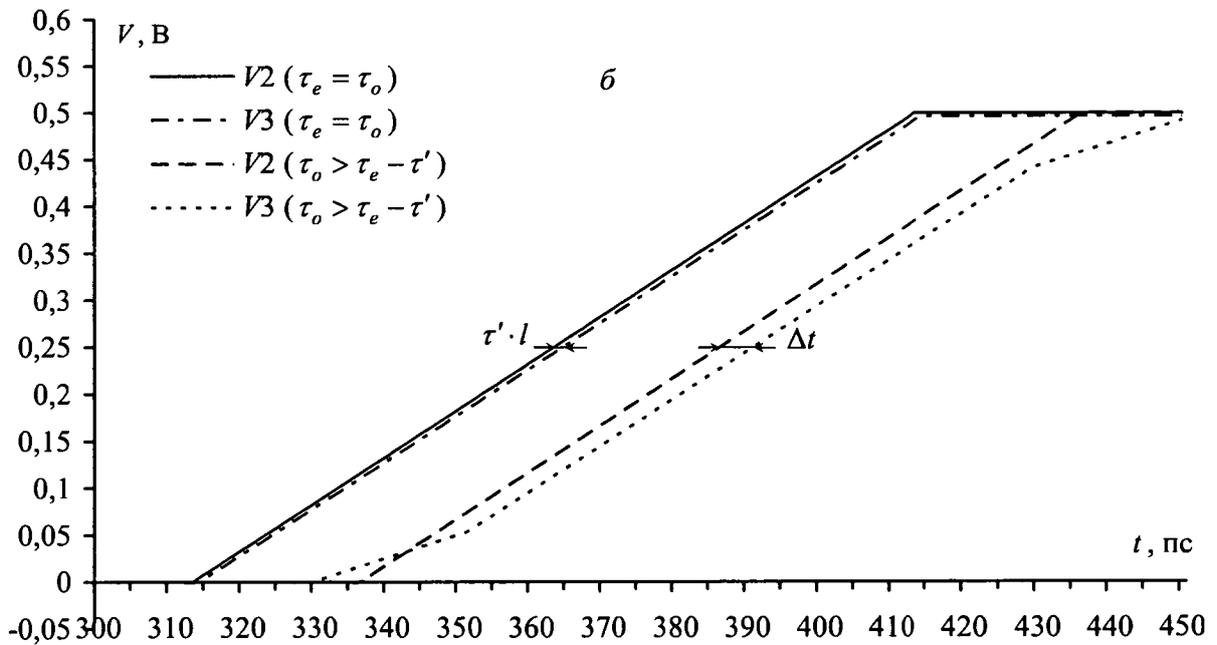
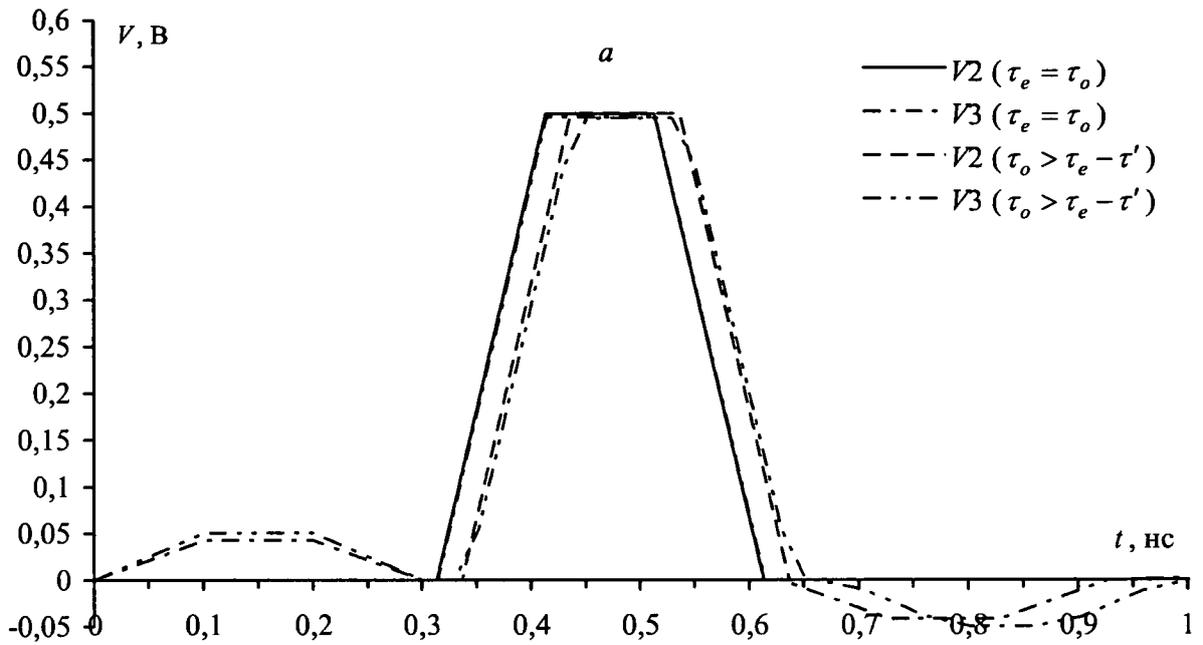
Формула изобретения

Меандровая линия с дополнительной задержкой, 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 произведение суммы значений погонных задержек четной и нечетной мод на длину линии больше или равно сумме длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса, а значение погонной задержки нечетной моды линии больше разности значения погонной задержки четной моды и значения разности между значением погонной задержки четной или нечетной моды, в случае их равенства, и значением погонной задержки одиночной линии.



Поперечное сечение одиночной линии передачи (а) и её эквивалентная схема (б)

Фиг. 2



Формы сигналов в конце меандровой ($V3$) и одиночной ($V2$) линий (а)
и их увеличенный фрагмент (б)

Фиг. 3

Сведения об изменениях или дополнениях
отражаются в Приложении к патенту

