

Способ трассировки двух дифференциальных пар с сильной электромагнитной связью между парами

С.В. Власов

Научный руководитель: к.т.н. Е.С. Жечев
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050
E-mail: Lukashinka12@gmail.com

Routing technique of two differential pairs with strong electromagnetic coupling between conductors

S.V. Vlasov

Scientific Supervisor: Ph.D. Y.S. Zhechev
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk,
Lenina str., 40, 634050
E-mail: Lukashinka12@gmail.com

***Abstract.** We present the results of an electrodynamic simulation of the single and coupled differential pairs with strong electromagnetic coupling between conductors. The simulation was performed in the time domain using: broadband and narrowband pulses. The results show that the coupled differential pairs provide better broadband and narrowband pulses attenuation compared to the single differential pair.*

***Key words:** electrodynamic simulation, time domain analysis, differential pair.*

Введение

Широкое применение радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) приводит к обострению проблемы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) [1]. С ростом плотности размещения компонентов и трассировки межсоединений увеличивается взаимное влияние одних элементов РЭА на другие. Поэтому при проектировании РЭА актуально обеспечение ЭМС, в том числе за счет улучшения помехозащищённости.

Существуют устройства и интерфейсы, которые работают в дифференциальном режиме. Так, например, интерфейсы LVDS широко применяются в современной электронике [2]. Кондуктивные помехи, такие как внешние электромагнитные воздействия и электрические шумы, могут негативно влиять на качество передачи данных [3]. Для обеспечения надежной работы РЭА необходимо предпринимать меры по их защите от нежелательных воздействий. Из множества электромагнитных помех, воздействующих на РЭА, можно выделить сверхширокополосные (СШП) и узкополосные (УП) помехи. Спектр СШП помех лежит в диапазоне от 0 до 6–8 ГГц, а УП помех от единиц ГГц и выше. В случае УП помех ширина спектра должна быть меньше или равна ширине полосы пропускания устройства. Также такие помехи обладают большей амплитудой по сравнению с амплитудами рабочих сигналов в цепях и интерфейсах, работающих в дифференциальном режиме. В данной работе предлагается трассировать дифференциальные пары таким образом, чтобы их взаимное влияние уменьшило влияние электромагнитных помех на защищаемое устройство. Цель работы – представить результаты разработки способа трассировки двух дифференциальных пар, повышающих устойчивость к электромагнитным помехам.

Материалы и методы исследования

Изначально использовалась одна дифференциальная пара на микрополосковой линии (рис. 1 (а)). Далее предложено использовать вторую дифференциальную пару, расположенную с минимальным технологическим зазором между ними (рис. 1 (б)) для

увеличения электромагнитной связи между ними. Поперечное сечение двух связанных дифференциальных пар представлено на рис. 1 (в). Геометрические параметры структуры: ширина проводников $w = 170$ мкм, расстояние между проводниками $s = 350$ мкм, расстояние между витками $d = 70$ мкм, высота подложки $h = 101$ мкм, высота проводников $t = 35$ мкм. Диэлектрическая проницаемость подложки $\epsilon_r = 4,5$ (соответствует материалу FR-4). Сопротивление резисторов составило 100 Ом.

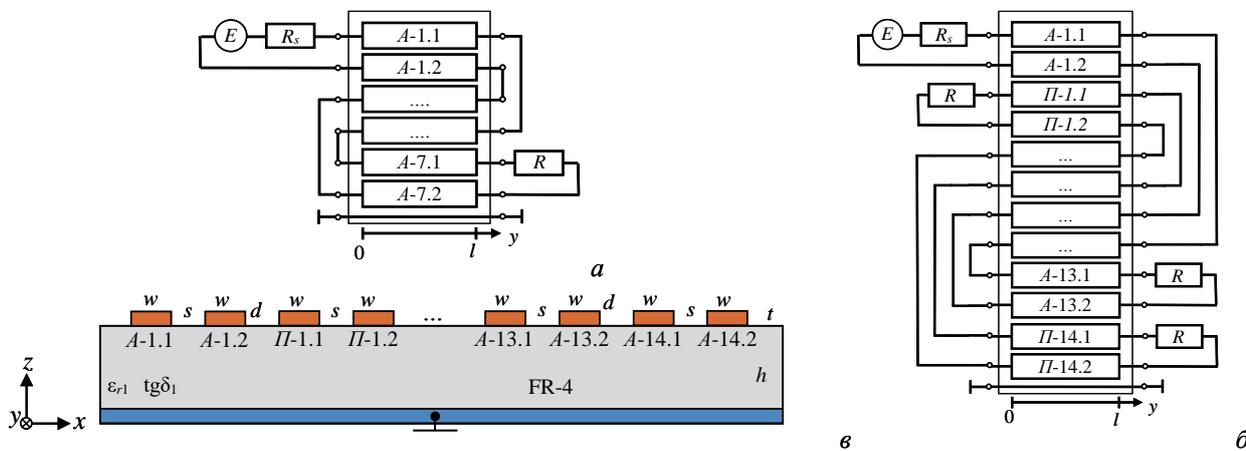


Рис. 1. Эквивалентные схемы включения одиночной (а) и связанных (б) дифференциальных пар, а также их поперечное сечение (в)

Для исследования характеристик структур использован электродинамический подход. С помощью метода моментов рассчитаны S-параметры, которые после использовались для анализа характеристик во временной области.

Результаты моделирования

После определения структуры в частотной области на его вход подавались импульсные воздействия. Для анализа во временной области выбраны два сигнала: Гауссов импульс с шириной спектра от 0,1 до 6 ГГц (рис.2 (а)). Такое воздействие соответствует определению СШП помехи из стандарта МЭК [4]. Для оценки возможности применения структур для защиты от УП помех рассмотрена затухающая синусоида (рис.2 (б)), которая используется в соответствии со стандартом MILSTD-461F [5].

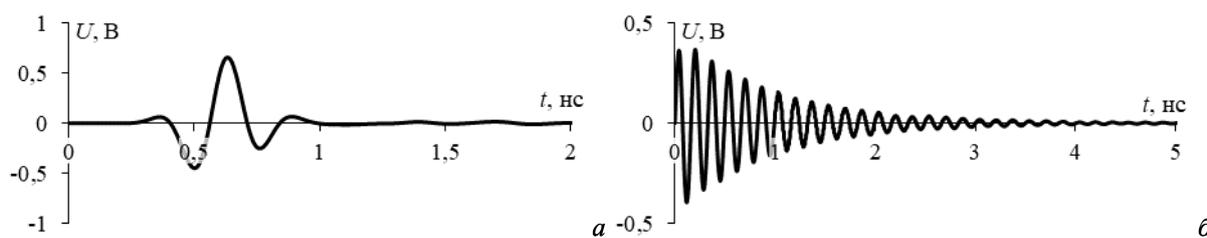


Рис. 2. Формы напряжений: СШП (а) и УП (б) помехи

Временные отклики на СШП и УП помехи представлены на рис. 3. На рис. 4 приведено наведенное напряжение ближнем и дальнем концах на второй дифференциальной паре.

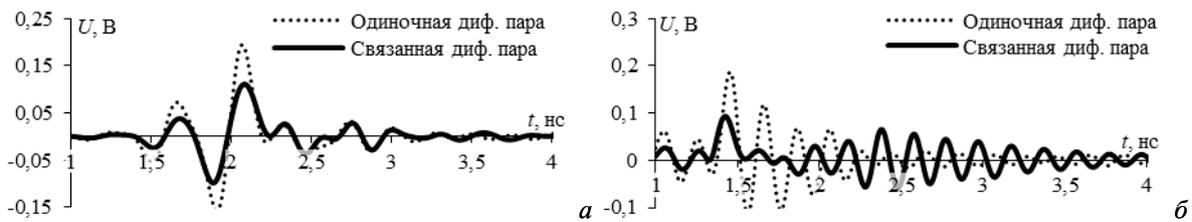


Рис. 3. Временной отклик на СШП (а) и УП (б) помехи

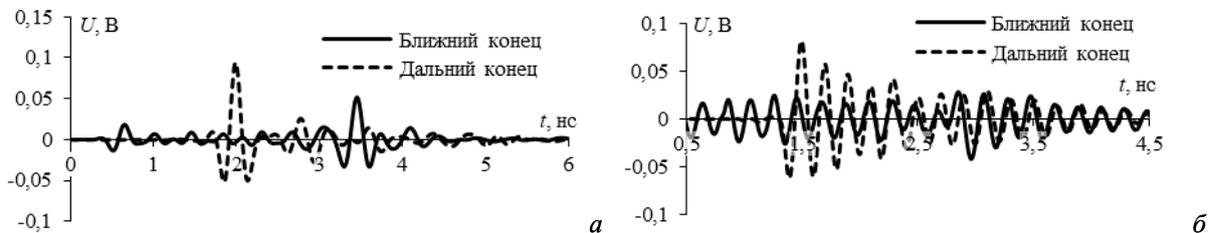


Рис. 4. Наведенное напряжение на ближнем (а) и дальнем (б) концах второй связанной дифференциальной пары

Из полученных результатов видно, что произошло ослабление помехи как для одной дифференциальной пары, так и для двух. Но при использовании двух дифференциальных пар получено большее ослабление, что связано с отведением части энергии на вторую дифференциальную пару. В случае СШП помехи ослабление составило: для одной дифференциальной пары 2 раза, для двух – 3,5 раза (что на 37,7 % больше). Ослабление при воздействии УП помехи составило 3,45 раз и 5 раз, соответственно (что на 45 % больше).

Заключение

В данной работе проведено исследование способа трассировки двух дифференциальных пар с сильной электромагнитной связью между проводниками. Результаты показали, что использование двух связанных дифференциальных пар позволяют получить большее ослабление помеховых сигналов по сравнению с одиночной. В дальнейшем планируется проведение анализа целостности полезного сигнала.

Работа выполнена в рамках проекта FEWM-2024-0005 Минобрнауки России

Список литературы

1. Газизов Т.Р. Электромагнитная совместимость и безопасность радиоэлектронной аппаратуры: учебное пособие. – Томск: «ТМЛ-Пресс», 2007. – 256 с.
2. IEEE Std 1596.3-1996. IEEE Standard for Low-Voltage Differential Signals (LVDS) for Scalable Coherent Interface (SCI). – NY: IEEE, 1996. – 34 p.
3. Гизатуллин З.М. Помехоустойчивость средств вычислительной техники внутри зданий при широкополосных электромагнитных воздействиях: монография. – Казань: Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева, 2012. – 254 с.
4. IEC/TR 61000-1-5-2017. Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 1–5: General. High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems. – Geneva: IEC, 2004. – 43 p.
5. MIL-STD-461F. Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment. – NY: IEEE, 2007. – 255 p.