

УДК 621.396.6

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ В ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ ПРИ ПРОТЕКАНИИ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

Воскресенский А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пискун Г.А. – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Исследовано затухание сигнала в линии передачи на печатной плате. Определены параметры влияющие на скорость распространения сигнала в линиях передачи различной структуры. Установлено, что с ростом волнового сопротивления, затухание сигнала уменьшается.

Ключевые слова: линия передачи, затухание, параметры

Введение. В современной электронной технике все чаще происходит увеличение частоты передаваемого сигнала, при этом разработчики сталкиваются с потерями уровня сигнала и задержками во времени при его передаче. Это может быть обусловлено рядом дестабилизирующих воздействий [1 – 5]. В работе рассмотрены параметры линии передачи, реализованной на печатной плате, при протекании цифрового сигнала.

Основная часть. Идеальная линия передачи обладает следующими свойствами: имеет неограниченную длину, сигналы распространяются в линии без искажения, сигналы распространяются в линии без потерь. Реальная линия передачи не обладает такими свойствами.

Скорость распространения электрических сигналов в линиях передачи зависит от характеристик окружающей среды и распространения электромагнитных волн (рисунок 1).

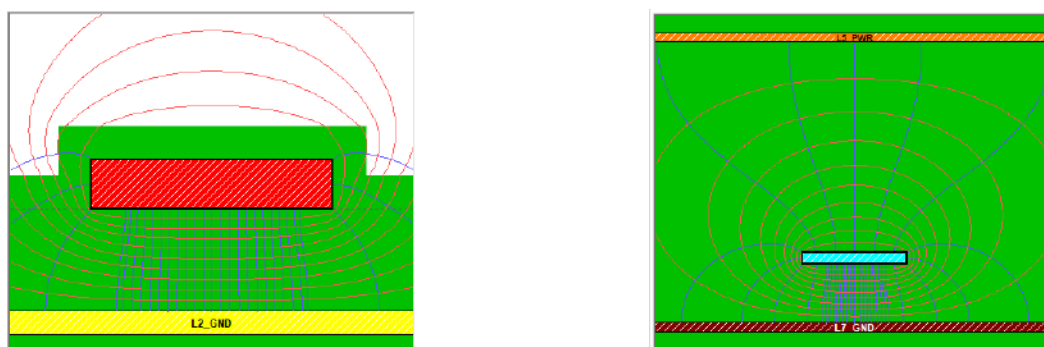


Рисунок 1 – Распространение электромагнитных волн в полосковой линии

Задержка сигнала определяется по формуле (1) [6]:

$$V = \frac{c}{\sqrt{E_r}}, \quad (1)$$

где V – скорость распространения, м/с;
 E_r – диэлектрической проницаемости;
 C – скорость света.

Более удобной оценка временной задержки (TD) осуществляется по формуле (2) [6]:

$$TD = \frac{\sqrt{E_r}}{C}. \quad (2)$$

Задержка сигнала становится особенно критично в интерфейсах, время распространение которых должно быть выровнено относительно клона.

Реальная линия передачи всегда имеет сопротивление. Это сопротивление вызывает как потери, так и искажения распространяющего сигнала. Погонное сопротивление печатного проводника определяется формулой (3) [6]:

$$R = \frac{0,65866 \times 10^{-6}}{WT}, \quad (3)$$

где R – погонное сопротивление печатной дорожки;

W – ширина печатной дорожки;

T – толщина печатной дорожки.

Коэффициент передачи на участке длиной X рассчитывается по формуле (4) [6]:

$$X = e^{-\left(\frac{RX}{1}\right) - 2\left(\frac{L}{c}\right)^2}, \quad (4)$$

где R – погонное сопротивление печатной дорожки;

L – погонная индуктивность;

C – погонная емкость;

X – длина дорожки.

Коэффициент затухания (на один дюйм длины) равен, дБ [6]:

$$4,34 \left[\frac{R}{1} \right] \left(\frac{L}{c} \right)^2, \quad (5)$$

где R – погонное сопротивление печатной дорожки;

L – погонная индуктивность;

C – погонная емкость.

С помощью программы решателя *BoardSim*, встроенного в программу *HyperLynx*, построим модель реальной линии передачи для анализа ее затухания, предварительно настроив структуру печатной платы. Данная программа является полнофункциональным комплексом эффективных программных средств для высокопроизводительного анализа современных проектов печатных плат и обеспечения надежности их реализации. Функциональные модули *HyperLynx* предлагают простые и понятные интерфейсы, которые могут в любой момент легко встраиваться разработчиком в процесс проектирования электронных устройств.

Схема исследования включает в себя: передатчик, приемник, два межслойных переходных отверстия, две участка цепи в наружном слое, один участок цепи во внутреннем слое печатной платы (рисунок 2).

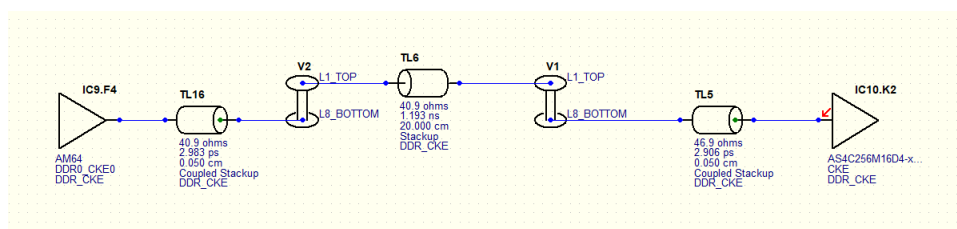


Рисунок 2 – Схема исследования линии передачи

Результатом моделирования является график зависимости затухания в линии передачи от частоты (рисунок 3).

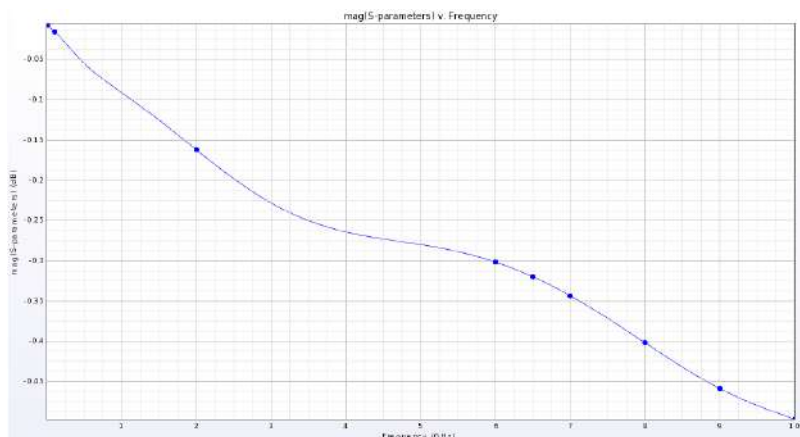


Рисунок 3 – Результат затухания в линии передачи

Заключение. Выполнен анализ линии передачи в печатной плате. Определены параметры, влияющие на затухание сигнала протекающего в линии передачи. Установлено, что в наружных слоях печатной платы, затухание сигнала меньше. С увеличением волнового сопротивления линии передачи, коэффициент затухания уменьшается.

Список литературы

1. *The Impact of ESD on Microcontrollers* / Gennady A. Piskun, Viktor F. Alexeev, Sergey M. Avakov, Vladimir E. Matyushkov, Dmitry S. Titko; Edited by PhD, Associate professor Viktor F. Alexeev. – Minsk : Kolorgrad, 2018. – 184 p. – ISBN 978-9857-148-40-0.
2. Алексеев, В. Ф. Моделирование тепловых полей электронных систем в среде ANSYS / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3* / редкол.: В. А. Бозуш [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2020. – С. 282 – 286.
3. Пискун, Г.А. Разработка схемотехнической модели воздействия разряда статического электричества по модели CDM на полевой транзистор с изолированным затвором / Г.А. Пискун, В.Ф. Алексеев // *Современные средства связи : материалы XXV Междунар. науч.-техн. конф., 22–23 окт. 2020 года, Минск, Респ. Беларусь ; редкол. : А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : БГАС, 2020. – С. 149 – 151.*
4. Пискун, Г.А. Разработка приближенного метода расчета перенапряжений на затворе МДП-транзистора при разряде статического электричества / Г.А. Пискун, В.Ф. Алексеев // *Современные средства связи : материалы XXV Междунар. науч.-техн. конф., 22–23 окт. 2020 года, Минск, Респ. Беларусь ; редкол. : А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : Белорусская государственная академия связи, 2020. – С. 188 – 189.*
5. Пискун, Г.А. Способы защиты радиоэлектронных устройств от воздействия электростатических разрядов: обзор современного состояния и перспективы развития в приборостроении / Г.А. Пискун, В.Ф. Алексеев, А.Л. Житников // *Стандартизация. – 2017. – № 5. – С. 54 – 59.*
6. Джонсон, Г.В. Конструирование высокоскоростных цифровых устройств: начальный курс черной магии: справ. пособие / Джонсон Г.В., Грэхем М. - Издательский дом «Вильямс» – 2006. – 624с.

UDC 621.396.6

FEATURES OF CONSTRUCTION OF A TRANSMISSION LINE IN A PRINTED BOARD WITH A DIGITAL SIGNAL FLOW

Voskresenski A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Piskun G.A. – PhD, assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The attenuation of the signal in the transmission line of the printed conductor has been experimentally studied. The parameters affecting the speed of signal propagation in transmission lines of various structures are determined. It has been established that with an increase in wave impedance, the attenuation of the signal decreases.

Keywords: transmission line, loss, impedance