

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОЕДИНЕНИЙ В СБИС

Андрюхин А. И., Клименко И. В.  
Донецкий национальный технический университет

*У роботі виконано дослідження взаємодії сполучень на затримки у НВІС.*

### Введение

Быстрый рост рабочей частоты цифровых систем, стал причиной того, что главной задачей проектирования и тестирования, стало обеспечение целостности сигналов.

Паразитные емкости и индуктивности и их воздействие на соединения в МОП СБИС), сейчас играют основную роль в правильности функционирования и производительности БИС.

Под целостностью (*robust,integrity*) сигнала, будем понимать способность сигнала генерировать правильные ответы на схеме. Согласно этим замечаниям, сигнал с хорошей целостностью имеет:

- значение напряжения в требуемых границах;
- выполняет все переходы за требуемый промежуток времени.

Например, входной сигнал на триггере **flip-flop** должен удовлетворять временным требованиям по установке и удержанию сигнала, и это обеспечивает невозможность выхода импульсов, которые могут вызвать последующие нежелательные логические переходы.

Основными проблемами целостности сигналов являются:

- ослабление сигнала, вследствие эффекта взаимодействия между сигналами ;
- чрезвычайно быстрое возрастание напряжения сигнала;
- изменение параметров источника напряжения ;
- срыв сигнала, вследствие различных задержек достижения сигналом различных приемников.

Существует несколько направлений поиска решений этих проблем при проектировании и изготовлении, диагностировании СБИС, среди которых выделяется достаточно точное для практики моделирование СБИС при представлении ее **RLC**-моделью.

В докладе рассматривается влияние индуктивного взаимодействия сигналов на линии СБИС.

### Постановка задачи

В настоящее время решение задач проектирования и диагностики МОП СБИС требует представления их распределенными **RLC**-моделями. Общий вид такой модели представлен на рис.1.

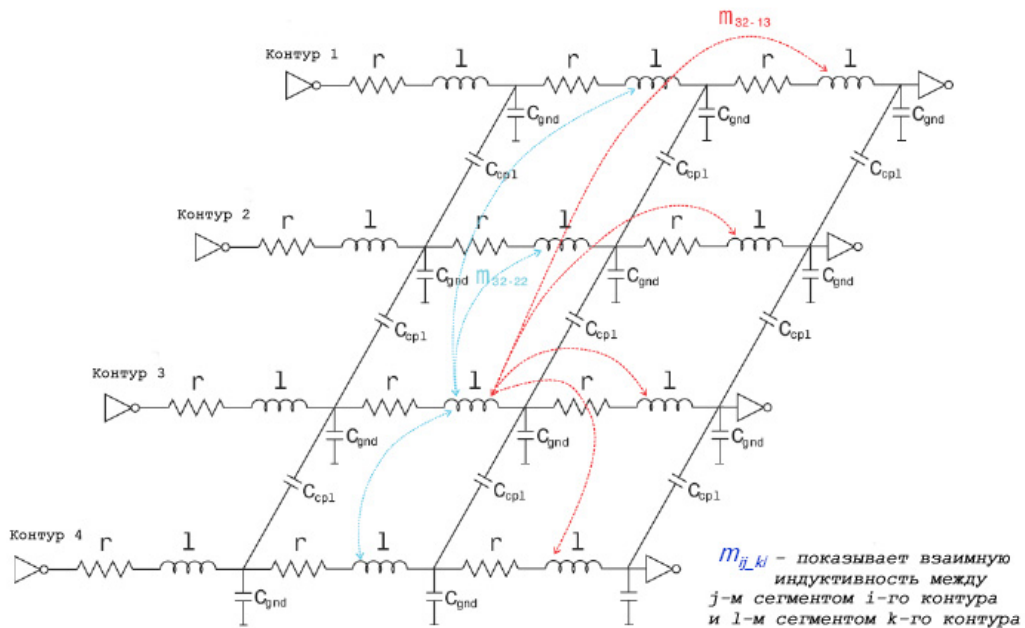


Рисунок 1 – Общий вид RLC модели

Известно, что когда линии **A** и **B** находятся на маленьком расстоянии друг от друга, то можем описать их взаимодействие уравнениями

$$\begin{aligned} I_B &= -C_m d(V_B - V_A)/dt \\ V_B &= -L_m dI_A/dt \end{aligned}$$

, где  $C_m$ ,  $L_m$  - характеристики емкости и индуктивности,  $I_A$ ,  $V_A$  ( $I_B$ ,  $V_B$ ) значения тока и напряжения на линиях **A** и **B** соответственно.

Простейшей моделью моделирования взаимного индуктивного взаимодействия соединений в СБИС является модификация известной модели двух связанных колебательных контуров [2].

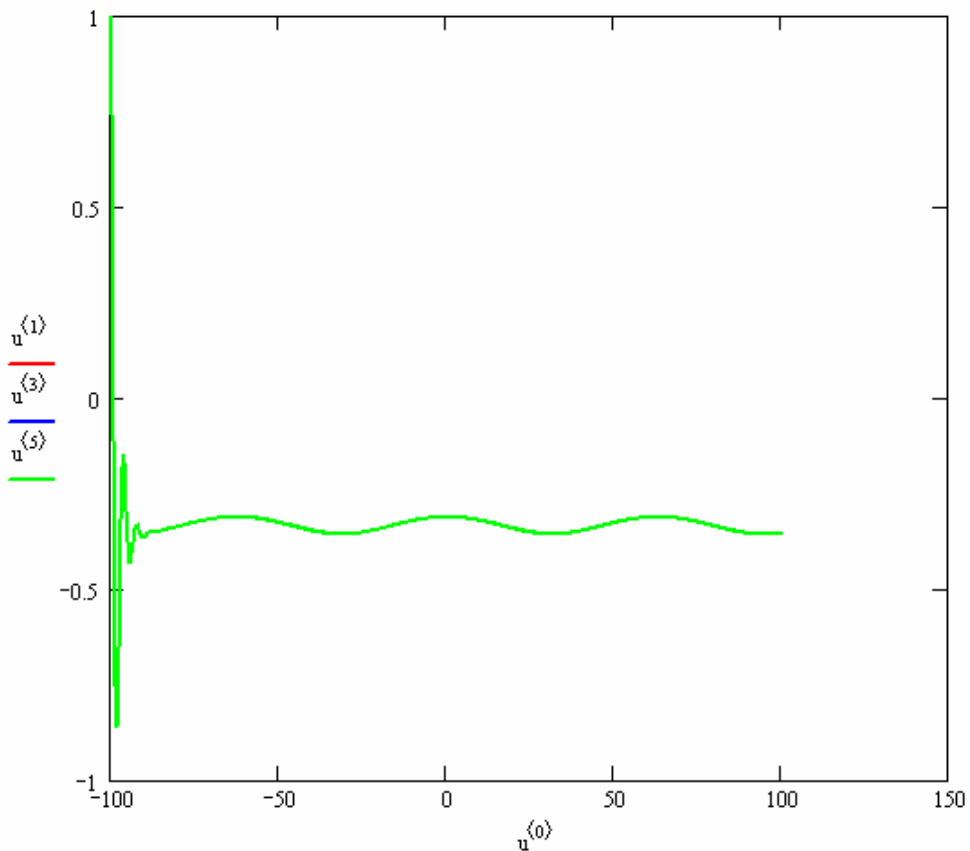
Рассмотрим три таких ближайших контура и взаимодействие между ними представим системой трех дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} i_1'' + 2\alpha i_1' + \omega_0^2 i_1 + ki_2 + ki_3 + \xi = 0 \\ i_2'' + 2\alpha i_2' + \omega_0^2 i_2 + ki_1 + ki_3 + \xi = 0 \\ i_3'' + 2\alpha i_3' + \omega_0^2 i_3 + ki_1 + ki_2 + \xi = 0 \end{cases},$$

где  $\alpha = \alpha_0 + \alpha_1 \cos \varpi_1 t$ , а  $k = k_0 + k_1 \cos \varpi_2 t$ .

Здесь  $k=M/L$ -индуктивный коэффициент связи,  $\Omega_0$ -резонансная частота контуров,  $\alpha=R/(2L)$  коэффициент потерь.

Решаем эту систему относительно  $i_1, i_2, i_3$  с помощью пакета MathCAD методом Рунге-Кутты с фиксированным шагом при различных значениях параметров. Пример визуализации расчета представлен на рис.2. При этом мы можем определить время переходного процесса и тем самым оценить задержку распространения сигналов.



$\alpha_0 := 0.5$   $\alpha_1 := 0.05$   $k_0 := 1$   $k_1 := 0.1$   $\omega_0 := 1$   $\omega_1 := 0.1$   $\xi := 1$   $w := 1$

Рисунок 2 – График, полученный при изменении значений  $\alpha_0, \alpha_1$

## Заключение

Результаты, получаемые при вариации параметров взаимодействия, позволяют выполнять первичную оценку силы влияния индуктивного взаимодействия на робастность сигналов на линиях МОП СБИС.

## Литература:

1. Yehea I. Ismail. “Effects of Inductance on the Propagation Delay and Repeater Insertion in VLSI Circuits”, *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, vol. 8, no. 2, pp. 195–206, April 2000.
2. Ю.Н.Новиков. Электротехника и электроника. Теория цепей и сигналов, методы анализа.