

УДК 621.396.6.001.2:681.3

А. Пархоменко

Запорізький державний технічний університет, кафедра КВР

**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО
ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АНАЛІЗУ ПАРАЗИТНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКТИВІВ МЕА**

© Пархоменко А., 2001

Наведено результати дослідження впливу паразитних зв'язків на якість мікроелектронної апаратури. Розроблено програмно-методичний комплекс для розрахунку паразитних ємнісних та індуктивних параметрів.

Одним з головних напрямків розвитку вітчизняного радіоприладобудування є розроблення нових зразків апаратури на основі новітніх досягнень мікроелектроніки. Мікроелектроніка постійно розвивається в напрямку підвищення ступеня інтеграції її основних виробів, безперервно зростає швидкодія елементної бази мікроелектронної апаратури, конструктивна та функціональна складність електронних пристроїв. Найвищий ступінь мікромініатюризації та надійності мікроелектронної апаратури (МЕА) досягається при застосуванні великих гібридних інтегральних схем (ВГІС), мікрозбірок (МЗБ) і гібридних інтегральних модулів (ГІМ) на їх основі.

З підвищенням ступеня інтеграції, швидкодії і щільності компоновання елементів мікроелектронних пристроїв, окрім проблеми забезпечення теплостійкості, технологічності та механічної міцності, необхідно вирішити проблему забезпечення сигналістичності та електромагнітної сумісності.

Наявні програми моделювання електричних, теплових і механічних процесів здебільшого не виконують аналізу паразитних зв'язків. Але при конструктивній реалізації будь-якої електронної схеми внесення додаткових паразитних параметрів не уникнути.

Між двома електричними ланцюгами, що знаходяться на деякій відстані один від одного, можуть виникати електромагнітні зв'язки через електричне поле, магнітне поле, електромагнітне поле випромінювання, проводи і хвилеводи.

На малих відстанях діють усі чотири види зв'язку. Зі збільшенням відстані насамперед зникають зв'язки через ближні електричні і магнітні поля, потім перестає впливати електромагнітне поле випромінювання і на великій відстані впливає тільки зв'язок по проводах і хвилеводах. Повне розглядання паразитних зв'язків нераціональне, оскільки воно дає нехтовно мале уточнення результатів. Тому паразитний зв'язок через ближнє електричне поле розглядається як ємнісний зв'язок через малу паразитну ємність без урахування магнітного поля, що з'являється при цьому. Паразитний зв'язок через ближнє магнітне поле розглядається як індуктивний зв'язок через малу паразитну взаємоіндуктивність без урахування електричного поля, що з'являється.

Сучасні можливості технологічних процесів виготовлення комутаційних плат МЗБ і багатошарових друкованих плат комірок дають змогу реалізувати високу роздільну здатність комутації. Значна щільність розташування провідників і порівняно мала товщина діелектричних матеріалів, що розділяють провідники різних шарів, невелика відстань між

провідниками сприяють виникненню паразитних електричних зв'язків на комутаційних платах і, насамперед, – ємнісних та індуктивних.

За геометричним розміщенням провідників на платах варто розрізняти ємнісні зв'язки між провідниками, що лежать в одному провідному шарі, та між провідниками, що лежать у різних провідних шарах.

Ємнісні зв'язки між рівнобіжними провідниками, що лежать в одному шарі, визначаються за формулою (1):

$$C_{ij} = \varepsilon_0 * \varepsilon * \overline{C_{ij}} * l, \quad (1)$$

де C_{ij} – ємність між рівнобіжними і-м та j-м плівковими провідниками, Ф; $\overline{C_{ij}}$ – ємнісний коефіцієнт і-го та j-го провідників; l – довжина взаємного перекриття, м;

$$\varepsilon = \frac{1}{2}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2), \quad (2)$$

де ε_1 – діелектрична проникність підшарку, ε_2 – діелектрична проникність середовища; ε_0 – діелектрична стала, що дорівнює $8.854 * 10^{-12}$ Ф/м.

Ємнісний коефіцієнт $\overline{C_{ij}}$ визначається залежно від топології та кількості провідників для системи:

- двох рівнобіжних плівкових провідників;
- трьох рівнобіжних провідників;
- чотирьох рівнобіжних плівкових провідників.

Ємність між вигнутими під прямим кутом рівнобіжними плівковими провідниками визначається за формулою (3):

$$C_{ij} = \varepsilon_0 * \varepsilon * \overline{C_{ij}} * l_{екв}, \quad (3)$$

де $\overline{C_{ij}}$ – ємнісний коефіцієнт та $l_{екв}$ – еквівалентна довжина, визначаються залежно від конфігурації провідникового шару для системи:

- двох вигнутих під прямим кутом провідників;
- трьох вигнутих під прямим кутом провідників.

Ємнісні зв'язки між провідниками, що лежать в різних провідних шарах, можуть визначатися для таких випадків:

Між двома провідниками, які лежать перпендикулярно один до одного, за формулою (4):

$$C_{ij} = \varepsilon_0 * \varepsilon_1 * b_i * b_j * \frac{1}{h}, \quad (4)$$

де h – товщина плати, м; b_i – ширина і-го провідника, м; b_j – ширина j-го провідника.

Між двома провідниками, які лежать паралельно один до одного і мають деяку ширину перекриття, за формулою (5):

$$C_{ij} = \varepsilon_0 * \varepsilon * b * \frac{1}{h}, \quad (5)$$

де b – ширина перекриття двох провідників, м; l – довжина взаємного перекриття провідників, м.

Між провідником і поверхнею, що екранує, за формулою (6):

$$C_{ij} = 0,0085 * \varepsilon * \ln\left(\frac{b}{h}\right) \left[1 + \frac{2 * H_2}{\pi * b} \left(11 + \lg \frac{\pi * b}{h}\right)\right], \quad (6)$$

де H_2 – товщина провідника, м; b – ширина провідника, м; h – товщина підшарку, м.

За геометричним розміщенням провідників на платах варто розрізнити індуктивні зв'язки між провідниками, що лежать в одному провідному шарі, між провідниками, які лежать у різних провідних шарах, і власну індуктивність провідників.

Власна індуктивність провідника визначається за формулою (7):

$$l = 0.0002 * \left[2.31 * \lg \frac{2 * x}{b} + 0.2235 \frac{b}{x} + 0.5\right], \quad (7)$$

де l – власна індуктивність, Гн; x – довжина провідника, м; b – ширина провідника, м.

Індуктивність двох рівнобіжних провідників, розташованих в одному провідному шарі, визначається за формулою (8):

$$L = 0.02 * x * \left[2.3 * \lg\left(\frac{2x}{a}\right) - 1 - \frac{a}{x}\right], \quad (8)$$

де L – індуктивність, Гн; x – довжина перекриття провідників, м; a – відстань між провідниками, м.

Індуктивність двох рівнобіжних провідників, які знаходяться на платі з поверхнею, що екранує, визначається за формулою (9):

$$L = 2 * x * \left[\frac{a + 0.5 * (b_1 + b_2)}{h} + \ln \frac{2 * x}{a + 0.5 * (b_1 + b_2)}\right], \quad (9)$$

де L – індуктивність, Гн; x – довжина перекриття провідників, м; a – відстань між провідниками, м; b_1 – ширина першого провідника, м; b_2 – ширина другого провідника, м; h – товщина підшарку, м.

Паразитні ємнісні та індуктивні зв'язки можуть у неприпустимих межах погіршити електричні характеристики схеми, а іноді призвести до повної втрати її працездатності. Тому, стосовно до конструктивів МЕА, актуальною є проблема автоматизованого аналізу та урахування паразитних параметрів апаратури під час конструювання.

Для розрахунку паразитних параметрів у конструктивах МЕА було розроблено математичні моделі паразитних ємнісних та індуктивних зв'язків для різних фрагментів топології МЗБ та ГІМ. Запропоновано методику та алгоритм урахування впливу паразитних параметрів на функціонування мікроелектронного виробу.

Необхідно виконати такі основні етапи, узагальненого алгоритму:

1. Пронумерувати всі провідники на топологічному кресленні, згідно з нумерацією вузлів на схемі електричній принциповій.
2. Керуючись рекомендаціями розробника, виділити сигнальний ланцюг.
3. Виділити провідники сигнального ланцюга за типами фрагментів топології.
4. Розрахувати паразитні параметри, використовуючи відповідні математичні моделі.
5. Виділити провідники, що розташовані на відстані менше ніж $2h$ (де h – товщина підшарку) від сигнальних, за типами фрагментів топології.
6. Розрахувати паразитні параметри, використовуючи відповідні математичні моделі.
7. Аналогічні дії виконати для інших провідників, що розташовані на підшарку.

8. Ввести одержані паразитні параметри в схему електричну принципову, згідно з вузлами включення (номерами провідників).

9. Розрахувати параметри та характеристики схеми з урахуванням впливу паразитних зв'язків.

10. Проаналізувати вплив паразитних параметрів на роботу електронної схеми.

Базуючись на запропонованих моделях, методиці та алгоритмі, було розроблено програмно-методичний комплекс для розрахунку паразитних параметрів. Комплекс реалізовано у програмному середовищі Delphi 4.0. Розробляючи інтерфейс програмного комплексу, використовували стандартні елементи: Button, Label, Image, Edit, CheckBox та інші, а також компоненти, доповнені специфічними властивостями. Програмний комплекс дає змогу ввести вхідні дані в зручному для користувача вигляді, переглянути рисунки з різними фрагментами топології, розрахувати паразитні ємнісні та індуктивні параметри, вивести звіт з результатами розрахунків.

У роботі проведено порівняльний аналіз функціональних характеристик в частотному діапазоні реальної мікросбірки з урахуванням та без урахування паразитних параметрів, за допомогою підсистеми схемотехнічного моделювання МАЕС-П. Результати розрахунку свідчать, що на частотах більше ніж 10 КГц розкид параметрів становить приблизно 30 %, що підтверджує суттєвий вплив паразитних зв'язків на функціонування мікросбірки та необхідність їх урахування на ранніх етапах проектування мікроелектронної апаратури.

1. *Волин М.Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. М., 1981.*
2. *Конструирование и расчет больших гибридных интегральных схем, микросборок и аппаратуры на их основе / Под ред. Б.Ф.Высоцкого. М., 1981.*

УДК 621.3.049.77

Д. Петров, Д. Федасюк, Є. Левус
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра систем автоматизованого проектування

ТЕПЛОВИЙ АНАЛІЗ МЕР ІЗ КРИСТАЛАМИ НА ЖОРСТКИХ ВИВОДАХ У СЕРЕДОВИЩІ ІНТЕРНЕТ

© Петров Д., Федасюк Д., Левус Є., 2001

Авторами розроблено систему теплового аналізу WebTAFС, призначену для моделювання поширених в сучасній мікроелектроніці структур з кристалами на жорстких виводах. Система орієнтована на застосування в глобальній мережі Інтернет та локальних мережах і реалізує взаємодію з користувачем через звичайний web-браузер.

Вступ. Інтернет як середовище проектування

Глобальна інформаційна мережа Інтернет відкриває великі перспективи для розвитку різноманітних систем проектування в принципово новому напрямку. Серед найбільш вагомих переваг інтеграції процесу проектування з Інтернет можна виділити:

- можливості створення глобальних централізованих систем з серверною частиною і географічно розподіленими клієнтськими частинами. Така архітектура суттєво спрощує