

складної геометричної форми і відтворення складних двовимірних зображень дає можливість будувати зображення, які описують реалістичні берегові лінії, гірські масиви, різноманітні фізичні та економічні процеси, ландшафтні поверхні і геологічні карти, природні явища і процеси росту та ін. об'єкти складної природи. Завдяки інтерактивній зміні параметрів цього алгоритму покращується його гнучкість та універсальність.

1. Michael Barnsley *Fractals everywhere*. - Academic press: Jones and Bartlett Publishers, 1988. – 394P.
2. The science of fractal images / Heinz-Otto Peitgen at all. eds. - New York: Springer, 1988. – 312 P.
3. Хавалко В.М. Використання теоретико-множинних операцій для синтезу та перетворень геометричних об'єктів // Вісник ДУ "Львівська політехніка". – 1999. – №386. – С.164–172.
4. Хавалко В.М. Проблема вибору множини елементарних об'єктів для ефективного синтезу складних зображень // Вісник ДУ "Львівська політехніка". – 2000. – №392. – С.131–136.
5. P.Prusinkiewicz & J. Hanan, *Lindenmayer Systems, Fractals, and Plants*, *Lecture Notes in Biomathematics*. N79. Springer-Verlag, New-York,1989.

Т. Коротєєва

Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 621.3.049.77

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРАТЕГІЙ ПРИЗНАЧЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ТА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ФРАГМЕНТІВ ДЕРЕВ ШТЕЙНЕРА НА МАГІСТРАЛІ КАНАЛІВ ПЛІС

© Коротєєва Т., 2003р.

Розглянуто стратегії призначення фрагментів дерев на магістралі каналів програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Проаналізовано результати етапу мікротрасування ПЛІС.

The strategies to destination fragments of tree on channel line for FPGA is considered. Results of experimental research of micro-routing for FPGA was considered.

1. Вступ

Складовою задачею проектування матричних ВІС є етап мікротрасування та призначення вертикальних (горизонтальних) складових (ВС) дерев Штейнера (ДШ) на вільні магістралі каналів (рис. 1).

Основними показниками якості цього етапу є мінімізація сумарної довжини з'єднань та рівномірне завантаження всіх каналів. До основних методів розв'язання етапу мікротрасування матричних ВІС належать метод інтервалів, або послідовного заповнення магістралей [5], алгоритм ламаних ліній "Доглер" [4], алгоритми моделювання еволюції [3]. Але для конкретного типу інтегральних схем, а саме програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС) ці методи та алгоритми не бажані через їх високу ресурсомісткість. До того ж, в ПЛІС відсутня задача трасування в чотиристоронньому каналі завдяки присутності блоків перемикачів. У роботі [2]

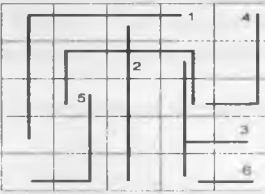


Рис. 1. Приклад дерев Штейнера

пропонується використання універсального методу оптимального призначення фрагментів трас на магістралі каналів для ПЛІС, який дозволяє врахувати бажані зони призначення фрагментів трас, тим самим зменшити довжину трас та збільшити показник економії ресурсів магістралей.

2. Формулювання задачі призначення фрагментів дерев на магістралі каналів

Формулювання задачі призначення фрагментів дерев на магістралі каналів докладно розкрито в роботі [1]. Нагадаю, що для мінімізації сумарної довжини трас задачу призначення слід розглядати як оптимізаційну. Необхідно знайти невідомі, що можуть набувати певних дискретних значень,

$$x = x_1, x_2, \dots, x_n, \quad x_i \in N,$$

де N – множина натуральних чисел, які мінімізують лінійну функцію

$$F = f_1 \times x_1 + f_2 \times x_2 + \dots + f_n \times x_n, \quad (1)$$

де f_i – вагові функції для кожного фрагмента ДШ, при виконанні обмежень

$$x_{ic} - Dx_i < x_i < x_{ic} + Dx_i, \quad x_i \neq x_j, \quad i \neq j, \quad x_i \in N, \quad x_j \in N, \quad (2)$$

що пов'язані з необхідністю перебування фрагментів у зонах "бажаності" та неможливістю різним фрагментам призначити однакові координати.

Розв'язування задачі багаторівневого призначення передбачає введення множини ресурсів (відрізків магістралей між горизонтальними каналами у межах вертикального каналу):

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\},$$

де $R_i = \{r_{i+1}, r_{i+2}, \dots, r_{iq}\}$ – підмножина відрізків з i -го каналу до $i+1, i+2, \dots, q$ каналів; n – кількість каналів.

Вводиться подібна множина вертикальних фрагментів дерев:

$$E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\},$$

де $E_i = \{e_{i+1}, e_{i+2}, \dots, e_{iq}\}$.

На рис. 2а зображено приклад множини R , кожний елемент якої має певну координату. На рис. 2б зображено приклад множини E з посорттованими (за довжиною

і за початковим рівнем) елементами. Елементи множини E розташовані умовно, оскільки координат вони до призначення не мають. Надалі координати будуть відповідати номерам ресурсних магістралей вертикального каналу. Нумерація починається з одиниці і рахується зліва направо згори донизу.

Для розв'язування сформульованої задачі використовується евристичний метод послідовних наближень [1]: за послідовністю черговому фрагменту призначається координата з допустимих, яка оптимізує основну функцію мети.

Розв'язати задачу призначення – це знайти таке відображення $E \rightarrow R$, щоб при закріпленні ресурсу $r_m \in R$ за елементом $e_n \in E$ мінімізувати загальну кількість переходів з однієї магістралі на іншу:

$$F_i^* = \min k, \quad i \in N. \quad (3)$$

де i – кількість варіантів відображення.

Одним з можливих підходів до розв'язування поставленої задачі є послідовний перебір реалізацій і вибір оптимальної відносно функцій мети.

3. Аналіз стратегій призначення фрагментів дерев на магістралі каналів ПЛІС

Простір для проведення зв'язків в ПЛІС є сукупністю рівномірно розташованих вертикальних і горизонтальних каналів однакової ширини. Її значення дорівнює кількості ресурсних магістралей, що містить канал. На них безпосередньо розміщуються траси ланцюгів. Наприклад, на рис. 3 ширина каналу дорівнює 5. Це значення однакове для всіх фрагментів каналів (горизонтальних і вертикальних), тобто кожний канал містить 5 ресурсних магістралей. Фактично саме з'єднання вертикальних та горизонтальних складових трас відбувається в блоках перемикачів (БП).

Регулярна структура ПЛІС визначається кроком розміщення логічних блоків (ЛБ) по вертикалі та по горизонталі матриці. Переважно цей крок є однаковий, тому довжини складових фрагментів ДШ є однаковими. Одиниця довжини умовно дорівнює відстані між двома сусідніми блоками перемикачів. На етапі призначення складові ДШ закріплюються за конкретною магістраллю каналу зв'язку, займаючи всю її довжину в межах фрагмента каналу. Інший ланцюг не може бути закріплений за цією магістраллю.

Розглянемо ряд стратегій призначення ланцюгів на магістралі каналів. Ланцюг представлений множиною складових (горизонтальних та вертикальних) ДШ.

3.1. Послідовна

Після того, як макротрасування визначило напрямки траси для кожного ланцюга у вигляді послідовності номерів фрагментів каналів зв'язку, необхідно закріпити за цим

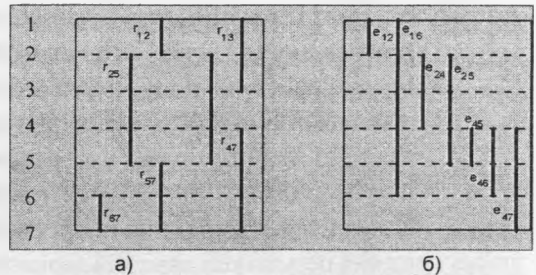


Рис. 2. Приклади множини: а) ресурсів магістралей вертикального каналу; б) вертикальних фрагментів ланцюгів

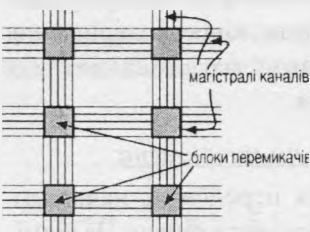


Рис. 3. Приклад магістралей в каналах зв'язків ПЛІС

ланцюгом конкретні магістралі у межах фрагментів каналів. Цей процес можна проводити послідовно для кожного сформованого ланцюга в тому порядку, згідно з яким він формувався на етапі макротрасування. Послідовна стратегія призначення вимагає наявності множини ресурсів R для каналу, що розглядається, а множина E містить ВС або ГС однойменного ланцюга. При цьому розглядаються такі варіанти:

- 1) призначаються всі ВС ДШ цього ланцюга;
- 2) призначаються всі ГС ДШ цього ланцюга;
- 3) призначення відбувається згідно з послідовністю номерів фрагментів каналів, через які пройшла траса цього ланцюга.

У всіх випадках призначення проводиться так, щоб мінімізувати кількість переходів з однієї магістралі на іншу. Практичні результати показали, що суттєво на якість кінцевих результатів наведені варіанти призначення не впливають. Кожний варіант при реалізації враховує вплив складових ДШ протилежного напрямку як в межах фрагмента каналу, так і по всій довжині каналу. Але суттєва різниця спостерігається в часових затратах та в необхідних ресурсах пам'яті комп'ютера.

На рис.4 показано практичне застосування різних варіантів призначення при послідовній стратегії для ланцюга з чотирьох контактів (рис.4а). Для першого варіанта призначення у вертикальному каналі №1 розглядаємо ГС і контакт ЛБ2 з правого боку каналу. Контакт ЛБ1 знаходиться з лівого боку каналу. Тоді зона бажаності для ВС буде знаходитись справа від середини каналу і траса закріпиться на першу вільну праву магістраль (рис. 4б). Аналогічно для другого варіанта призначення у горизонтальному каналі №3 зона бажаності для ГС знаходиться нижче від середини каналу. Траса закріпиться на першу знизу вільну магістраль (рис. 4в). Для третього варіанта призначення зони бажаності визначаються за всією довжиною траси, враховуючи всі контакти ланцюга і направленість всіх складових ДШ одночасно (рис. 4г). Такий варіант

призначення вимагає більших ресурсів для зберігання інформації та часових затрат на її обробку з приводу того, що траса може проходити через достатньо велику кількість каналів ПЛІС. Для першого і другого варіанта призначення на кожному кроці необхідна інформація тільки про один черговий канал і зберігати її до закінчення призначення немає потреби. Третій варіант призначення вимагає збереження інформації про всі канали матриці в зв'язку з врахуванням всієї конфігурації траси. Незважаючи на це, кінцеве закріплення відбувається на однакові магістралі для всіх випадків призначення.

3.2. Паралельно-послідовна.

Дана стратегія передбачає наявність множин R та E для чергового каналу. На відміну від послідовної стратегії множина E містить

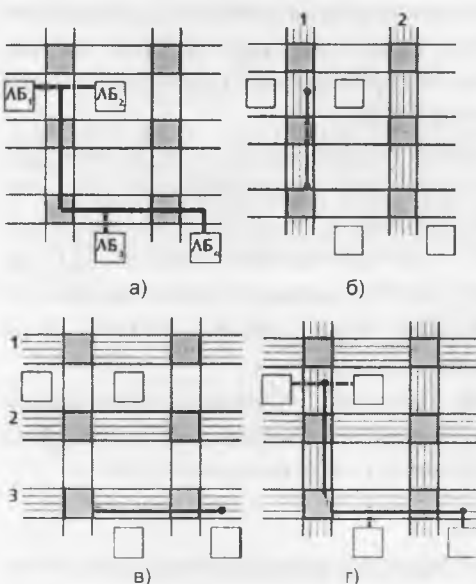


Рис. 4. Варіанти послідовної стратегії призначення фрагментів ланцюга

всі ВС або ГС всіх ланцюгів, які проходять через цей канал. Тобто одночасно закріплюються всі магістралі даного каналу. Якщо пропускна здатність даного каналу після етапу макротрасування не була вичерпана, це означає, що в каналі залишається підмножина вільних магістралей. Тоді на етапі призначення потужність множини ресурсів перевищує потужність множини фрагментів ланцюгів даного каналу: $|R| > |E|$. За рахунок цього можливе формування множини варіантів призначення. Остаточне закріплення проводиться за вибраними критеріями.

Як і в послідовній стратегії, можливі різні варіанти призначення: 1) призначаються всі ВС ДШ всіх ланцюгів або 2) призначаються всі ГС ДШ всіх ланцюгів. Обидва варіанти рівноцінні за якістю кінцевих результатів та за часовими затратами і необхідними ресурсами пам'яті комп'ютера. Рис. 5 ілюструє результат роботи паралельно-послідовної стратегії призначення для двох ланцюгів за різними варіантами.

Особливістю паралельно-послідовної стратегії призначення є можливість сортування фрагментів ланцюгів за значенням їх вагових функцій. При цьому враховується конфігурація ланцюгів, вплив горизонтальних складових, визначення зон "бажаності" призначення і, як наслідок, подальше призначення з наближенням до оптимального розв'язку.

Для ПЛІС орієнтація каналів зв'язків не суттєва, тому для призначення ГС ДШ використовуються ті самі міркування, що і для призначення ВС. Проводиться умовний поворот на 90 градусів і горизонтальні канали розглядаються як вертикальні.

Практична перевірка розглянутих стратегій призначення фрагментів дерев на магістралі каналів була проведена на реальних промислових тестах ПЛІС. У таблиці в полі "Ресурс" наведено значення (у відсотках) економії ресурсів каналів з'єднання при сортуванні фрагментів ланцюгів за значенням їх вагових функцій в процесі призначення порівняно з призначенням без сортування. Під час призначення без сортування у міру перегляду фрагментів ланцюгів за ними закріплюються вільні зліва (для вертикальних) або зверху (для горизонтальних) магістралі каналу. При цьому не враховується факт присутності або відсутності складових ланцюгів протилежної орієнтації, тобто для горизонтальних – вертикальних, для вертикальних – горизонтальних. Дані таблиці

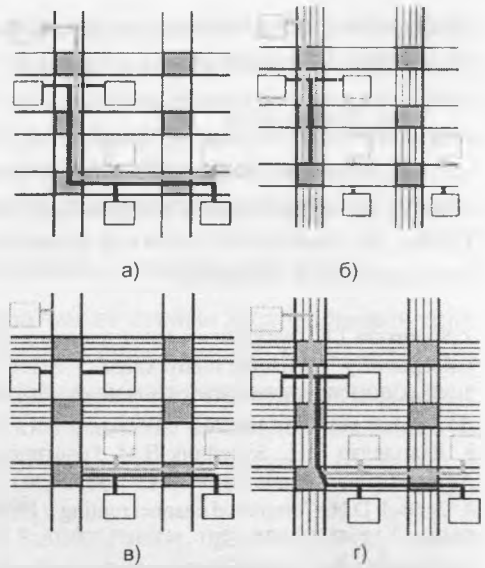


Рис. 5. Варіанти паралельно-послідовної стратегії призначення фрагментів ланцюгів

Результати мікротрасування ПЛІС

Схема	9symml	Tem1	Арех7	Аlu2	Аlu4	Vda	Example2	K2	Busk	Dma	Bure	Dfsm	Z03	Сепеце
Ресурс(%)	14,7	16,2	14,8	15,7	15,4	13,7	9,5	11,6	13,4	14,3	12,8	14,2	15,5	14

показують, що економія ресурсів каналів практично для всіх схем в середньому становить 14 відсотків.

4. Висновки

Сформульовано задачу призначення вертикальних фрагментів дерев на магістралі каналу. Досліджено вплив стратегій призначення фрагментів дерев на магістралі каналів ПЛІС, які дозволили досягти економії ресурсів каналів практично для всіх схем в середньому 14 відсотків.

1. Коротсєва Т.О. Трасування в каналі для програмованих логічних інтегральних схем // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Львів. – 2003. – № 481. – С. 5–10.
2. Мельник Р.А. Алгоритми ієрархічного моделювання просторової та площинної топології НВІС. – Львів: ДУ "Львівська політехніка". – 1999. – 180 с.
3. Давиденко В.Н., Курейчик В.М. Генетический алгоритм для трассировки двухслойных каналов // Автоматизация проектирования. – 1999. – №1 – С. 5-14.
4. Deutsch D.N. Compacted channel routing // Proceedings of IEEE International conference on Computer Aided design. – 1985. – P.223–225.
5. Маркосян С.Е. О раскраске вершин графов интервалов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. VII. ЭВТ, 1972. – Вып. 4, С. 3–6.

А.Ковальчук

Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 681.84.087.4

ПРО ОДИН АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ НЕЧІТКИХ МОДЕЛЕЙ ВІДТВОРЕННЯ МОВНИХ СИГНАЛІВ

© Ковальчук А., 2003

Подается теоретический опис нечеткой модели видтворения мовних сигналів

In a paper the theoretical exposition of an fuzzy model of a reconstruction of language signals is given

Вступ

Нечіткість в процесах людського мислення привернула увагу в зв'язку з дослідженнями і розробками таких систем, як соціальні або управлінські. Тут буде запро-