

за методом прямого цифрового синтезу [2, 3, 4].

1. Максимович В.Н., Дудыкевич В.Б. Цифровой накопитель, А.С. СССР № 1343411, Бюл. № 37, 1987.
2. Puccio G. Layout Design of a Direct Digital Frequency Synthesizer as a Frequency Dehopper for a Spread Spectrum Communication system. Wed Juli 28 1994. INTERNET [http:// cas. et. tudelft. nl/~ wissce/reports/ giaco/main_html.HTML](http://cas.et.tudelft.nl/~wissce/reports/giaco/main_html.HTML).
3. W.Kester High speed DACs and DDS systems. INTERNET http://www.analog.com/support/stanolad_linear_seminar_material/highspeed/6.pdf
4. J.Vanka, M.Waltari, M.Kosunen, and Kari A.I.Halonen. A Direct Digital Synthesizer with an On-Chip D/A-Converter. // IOEE J. of Solid=State Circuits, Vol.33, №2, February 1998.

Р. Базилевич, І. Щерб'юк

Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 621.382

НИЗХІДНЕ РОЗМІЩЕННЯ РІЗНОГАБАРИТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ МЕТОДОМ СКАНУВАЛЬНОЇ ОБЛАСТІ

© Базилевич Р., Щерб'юк І., 2002

Описано низхідний алгоритм розміщення різногабаритних елементів з використанням методу сканувальної області для оптимізації положення макроелементів на кожному рівні декомпозиції. Наведено порівняльні результати алгоритму для реальних конструктивів.

The top-down placement algorithm for elements with various sizes is described. The scanning area method is used for optimization macroelements (soft macros) placement in every level of decomposition. Experimental results are given.

Метод сканувальної області підтвердив свою високу ефективність для розміщення одногабаритних елементів на різноманітних конструктивах електронної техніки (друкованих платах, інтегральних схемах тощо). Доцільним є застосування цього методу для зон конструктиву, в яких є значний процент приблизно однакових за розмірами базових елементів чи макроелементів, які утворюють її сильно зв'язані згустки – кластери. Для виділення таких кластерів доцільно використовувати методом оптимального згортання схеми [1,2]. Цей метод формує такі кластери з заданням структури їх ієрархічного входження. Кластери замінюються макроелементами (*soft macros* – гнучкими

макросами), моделюються макромоделями та розглядаються в методі сканувальної області як базові елементи.

Для макроелементів, що входять у виділену область сканування, вибирається найкраще їх розташування за вибраним критерієм в межах цієї області з врахуванням як внутрішніх, так і зовнішніх зв'язків. Для отримання якісних розв'язків сканувальні області утворюються з невеликого числа макроелементів (від двох до восьми - десяти), при скануванні кожна суміжна область утворює перетин з попередньою областю, число елементів якого доцільно вибрати не менше двох. Для опису макроелемента використовується макромодель, яка є його спрощеним описом, зв'язками між внутрішніми елементами якої нехтують та беруть до уваги лише зовнішні зв'язки з іншими макроелементами. Для визначення його положення беруть до уваги його геометричний центр та враховують його габарити. Інформація про зв'язність між макроелементами на різних рівнях групування отримується на основі дерева оптимального згортання. Це дерево також служить вхідною інформацією для багаторівневого поділу конструктиву на зони (підобласті) на основі низхідної стратегії. Враховуючи це, здійснюється низхідне багаторівневе призначення макроелементів у виділені на конструктиві зони.

Основні кроки алгоритму низхідного розміщення макроелементів є наступними:

1. Методом оптимального згортання схеми формуються ієрархічно вкладені макроелементи, які описуються макромоделями.
2. Аналізом дерева оптимального згортання T^R формуються зони для розміщення макроелементів на кожному рівні декомпозиції.
3. Конструктивними методами розміщуються макроелементи на кожному рівні декомпозиції.
4. Отримані на попередньому етапі початкові розміщення оптимізуються методом сканувальної області для зон з приблизно однаковими за габаритами групами макроелементів (на самому нижньому рівні – базових елементів).

Вхідними даними є:

1. Система множин макроелементів на всіх рівнях декомпозиції:

$$P = \{P^1, \dots, P^t\}.$$

Тут $1, \dots, t$ – номери рівнів дерева оптимального згортання. Кожна множина макромоделей описується як:

$$P^r = \{P_1^r, \dots, P_{n_r}^r\}, \quad r = \overline{1, t},$$

де n_r – кількість макроелементів на рівні r .

2. Габарити кожного макроелемента:

$$S_i^r = w_i^r \times h_i^r,$$

де S_i^r, w_i^r, h_i^r – відповідно площа, ширина та висота i -го макроелемента на рівні розбиття r . Ширини та висоти макроелементів можуть набувати значення в певних межах (задаються мінімальні та максимальні їх значення).

3. Система множин позицій для макроелементів на всіх рівнях декомпозиції:

$$Z = \{Z^1, \dots, Z^t\},$$

де

$$Z^r = \{Z^r_1, \dots, Z^r_{n_r}\} \quad r = \overline{1, t}.$$

4. Система множин зв'язків між макроелементами кожного рівня:

$$E = \{E^1, \dots, E^t\}.$$

Результатом роботи алгоритму є розміщення макроелементів на кожному рівні, яке описується призначенням кожного макроелемента у відповідну позицію:

$$S_{rj}: P_{rj} \rightarrow Z_{rj}, \quad r = \overline{1, t}, \quad j = \overline{1, n_r}.$$

Схематично процес формування макроелементів на основі дерева оптимального згортання представлено на рисунку.

Виділення зон для оптимізації розміщення на кожному рівні декомпозиції методом сканування здійснюється на основі включення в них близьких за площею макроелементів. На рисунку таку зону можуть утворювати макроелементи $M_7 \dots M_{12}$. Сканування доцільно здійснювати областями з чотирьох елементів. Тут доцільно виділити дві сканувальні області – відповідно з макроелементів M_7, M_8, M_9, M_{10} та $M_9, M_{10}, M_{11}, M_{12}$. Ці групи утворюють область перетину з двох елементів, що дозволяє

довільним елементам з першої області переходити на місця елементів другої області, обираючи найкраще розташування.

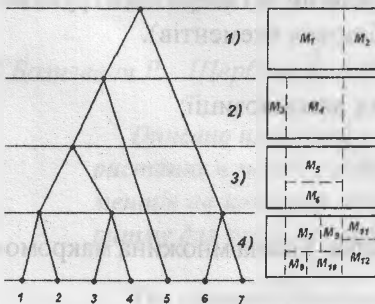
Оптимізація розміщення макроелементів на кожному рівні декомпозиції реалізується з допомогою таких основних процедур:

1. Перенесенням макроелементів з визначенням найкращого для нього положення методом точкового сканування.
2. Оптимізацією розміщення методом сканувальної області.

На найнижчому рівні базових елементів для оптимізації їх положення додатково реалізуються такі процедури (враховуються положення контактів):

3. Обертання елементів на кут, кратний до 90° .
4. Дзеркальна зміна положення контактів елементів.

Відзначимо, що на всіх рівнях декомпозиції (крім найнижчого) для задання положення кожного макроелемента визначається його умовний центр та враховуються можливості зміни габаритів із заданням їх обмежень на основі значень габаритів складових базових елементів. Тобто макроелементи мають ніби "гнучкі" габарити.



Формування макроелементів на основі дерева згортання

З використанням описаного підходу було проведено тестування для ряду конструктивів. Спочатку здійснювалось ієрархічне розбиття конструктиву на області і розміщення макроелементів на основі низхідної декомпозиції. На кожному рівні виконувалося початкове розміщення конструктивним алгоритмом нарощення з наступною його оптимізацією методом сканувальної області для виділених зон з приблизно однаковими за розмірами елементами. Отримані результати наведені в таблиці. Критерієм оцінки розміщення була вибрана довжина напівпериметра прямокутника, який охоплює кожний зв'язок.

Результати тестувань для конструктивів

№ конструктиву	Число елементів	Значення критерію після ієрархічної декомпозиції	Значення критерію після оптимізації сканувальною областю	% покращення
1	155	372467	316522	15,02
2	186	2113079	1850934	12,4
3	160	2517680	1906521	24,2
4	118	695749	642102	7,7
5	94	536787	452539	15,7
6	28	196680	171949	12,6
7	49	356173	351198	1,4
8	149	1234329	1104655	10,5

На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки. Покращення розміщення даним алгоритмом за першу ітерацію становило близько 24%. Наступні ітерації не давали значних покращень. Як правило, для досягнення результату, при якому призупиняються покращення, достатньо 2-4 ітерації. Подальша оптимізація здійснюється на найнижчому рівні виділеними вище процедурами. Вважаємо доцільним використання описаного методу при проектуванні реальної апаратури.

1. Базилевич Р.П. Декомпозиционные и топологические методы проектирования конструкций радиоэлектронной аппаратуры. – Львів, Вища школа, 1981.
2. Базилевич Р.П. Ієрархічні кластеризація, декомпозиція та багаторівневе макромоделювання - ефективні засоби розв'язування комбінаторних задач схемного типу великої та надвеликої розмірності // Зб. наук. праць "Сучасні проблеми в комп'ютерних науках": Зб. наук. праць. – ДУ "Львівська політехніка"; 2000.– с.15-30.
3. M. Sait. VLSY physical design automation. Theory and Practice. 1995.
4. Baker B.S.and J.S. Shwarz. Shelf algorithms for two dimentional packing problems. SIAM J. Compt, 3, 1983.
5. Baker B.S. et al. Perfomance bounds for-level oriented two dimentionalpacking algorithms. SIAM J.Compt, 9, 1980.