

УДК 681.3

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ РОЗМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ НА ПЕЧАТНИХ ПЛАТАХ

Нестеренко О.С., Струнілін В.М.

Донецький національний технічний університет

Під час розробки цифрової апаратури етап проектування плат є одним із найбільш трудомістких [1]. На цьому етапі вирішуються завдання, які пов'язані з пошуком оптимального варіанта конструкції, який би задовольняв критеріям технічного завдання та максимально враховував можливості технічної бази виробництва [2]. Цей етап, який складається з компоновки, розміщення та трасування, залишається актуальним з розвитком систем автоматизації проектування. У доповіді пропонується алгоритм оптимального розміщення елементів на печатних платах.

Суттєвість задачі розміщення полягає в наступному. По зображенню печатної плати необхідно вибрати набір позицій для розміщення елементів. Позиції (посадочні місця) типового елемента заміни необхідно розмістити в вузлах координатної сітки. Крок сітки, що вимірюється в умовних одиницях, дорівнює 1. Нумерація позицій в загальному випадку може бути довільною, однак нумерацію потрібно виробляти так, щоб відстань між позиціями p_i і p_{i+1} була мінімальною.

Вихідними даними для рішення задачі розміщення є матриця сполучень R і матриця відстаней P . Матриця R – це матриця вигляду $R = \| \| r_{ij} \| \|_{m \times n}$, де r_{ij} - число зв'язків між елементами схеми D_i і D_j . Матриця R симетрична відносно головної діагоналі, крім того її діагональні елементи дорівнюють нулю. Матриця P являє собою матрицю вигляду $P = \| \| p_{ij} \| \|_{n \times n}$, в якій елемент p_{ij} дорівнює відстані між центрами позицій p_i і p_j . Ця матриця також симетрична з нульовою головною діагоналлю [1].

Сутність послідовного алгоритму розміщення полягає в наступному:

1. По певному критерію вибирається один з елементів вузла і розміщується в першу позицію.
2. Наступні елементи розміщуються в ті позиції, що дозволяють забезпечити мінімум сумарної довжини сполучень даного елемента схеми з вже розміщеними.

Розрізняють два способи послідовного алгоритму розміщення елементів на платі, що відрізняються вибором першого елемента в першу позицію [1]:

1. Вибір першого елемента по максимальній кількості зв'язків з роз'ємом (з елементом D0).
2. Вибір першого елемента по мінімальній кількості зв'язків з іншими елементами.

Розрізняють три критерії послідовного алгоритму розміщення елементів на платі, що відрізняються вибором наступного елемента в наступну позицію [1]:

1. Вибір наступного елемента по максимальній кількості зв'язків з попереднім елементом.
2. Вибір наступного елемента по максимальній кількості зв'язків зі всіма елементами, розміщеними на попередніх кроках.
3. Вибір наступного елемента по максимальній кількості зв'язків зі всіма розміщеними елементами і по мінімальній кількості зв'язків зі всіма нерозміщеними елементами.

Результати послідовного алгоритму розміщення часто використовуються як початковий варіант розміщення для ітераційного алгоритму. У ітераційному алгоритмі використовується метод парних перестановок [2]. Ідея методу полягає у тому, щоб серед усіх можливих пар знайти таку, перестановка якої максимальним чином зменшить сумарну довжину сполучень.

Алгоритм парних перестановок:

1. Для кожної пари необхідно знайти множину елементів $P = (Ge_i \cup Ge_j) \setminus e_i, e_j$.
2. Для кожної пари елементів необхідно знайти довжину сполучень

$$\Delta L_{ij}(t_1 t_h) = \sum_{p=1}^k (r_{ip} - r_{jp}) (dt_1 t_h - dt_1 t_p) \quad (1)$$

3. Обрати максимальне значення ΔL_{ij} .
4. Якщо обране значення більше 0, то перейти до пункту 5, інакше – до пункту 6.
5. Обміняти елементи позиціями. Перейти до пункту 2.
6. Кінець [2].

Згідно з викладеними вище алгоритмами було реалізовано програму, яка виконує розміщення елементів. Програму було написано мовою C# у середовищі Microsoft Visual Studio. Вихідними даними для програми є дані про зв'язки між елементами печатної плати та розміри координатної сітки. Результатами виконання є покроковий протокол розташування елементів згідно з обраними критеріями та зображення координатної сітки з розташованими у її вузлах елементами.

Узагальнену структуру програми приведено на рис. 1.

За допомогою головного вікна програми користувач завантажує файл з вихідними даними та обирає критерії вибору першого та наступних елементів. Після цього циклічно аналізуються всі нерозподілені елементи та той з них, який у найбільшому ступені відповідає заданим критеріям, додається до множини розподілених елементів. Кожна ітерація циклу для більшої наочності супроводжується докладними коментарями. Результатом виконання циклу є одновимірний масив, який містить номери елементів у порядку їх розташування на платі, та значення сумарної довжини сполучень.

Програму було написано за допомогою об'єктно-орієнтованого підходу. Одним з найважливіших класів є клас Elements, екземпляри якого детально описують усі елементи, що підлягають розміщенню. У якості вихідних даних для конструктора



Рисунок 1 – Узагальнена структура програми

класу виступають: загальна кількість елементів, номер поточного елемента, та матриця сполучень R . Інформацію про елемент можна отримати за допомогою наступних методів:

- `int SlotConnections()` – повертає кількість з'єднань елемента з роз'ємом;
- `int TotalConnections()` – повертає загальну кількість з'єднань елемента з усіма іншими елементами;
- `int ElementConnection(int number)` – повертає кількість з'єднань елемента з елементом під порядковим номером `number`;
- `int AllocElemConnections(int n, params int[] allocated)` – повертає кількість з'єднань елемента з розміщеними елементами. Параметри: `allocated` – множина розміщених

- елементів, n – їхня кількість;
- `int NotAllocElemConnections(int n, params int[] allocated)`
– повертає кількість з'єднань елемента з множиною нерозміщених елементів. Параметри аналогічні попередньому методу.

Окрім текстової інформації програма також забезпечує графічне відображення результатів. Для цього розміри комутаційної сітки поряд з результатами розміщення передаються у якості параметрів до конструктору форми вікна, у якому координатну сітку і буде відображено у певному масштабі.

Для спрощення задачі розміщення елементи, що потрібно розмістити на платі, вважалися матеріальними крапками, нехтуючи їхніми розмірами, а відстань між ними вважають рівним деякому цілому числу. Для рішення задачі розміщення застосовувалися послідовний та ітераційний алгоритми.

При розробці програми в якості критерію оптимальності було обрано мінімізацію сумарної довжини сполучень. Впровадження програми, яка розроблена забезпечує зменшення загальної довжини провідників, мінімізацію затримання сигналу, мінімізацію взаємних наводок, зменшення розмірів конструктивних одиниць, підвищення надійності пристроїв.

Література

- [1] Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств: Учеб. Пособие для радиотехн. спец. вузов / Под ред. О.В. Алексева. — М., 2000.
- [2] Б.Н. Деньдобренко, А.С. Малика «Автоматизация конструирования РЕА». — М.: «Вища школа», 1980.