

Ц84а3

К-299

2952/4-77

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



ЛЯП

P11 - 10679

О.В.Катышева, В.Л.Пахомов

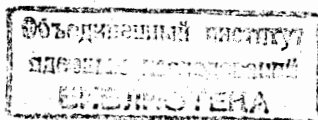
ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

1977

P11 - 10679

О.В.Катышева, В.Л.Пахомов

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ



Катышева О.В., Пахомов В.Л.

P11 - 10679

Оптимизация размещения элементов на печатных платах

Рассматривается задача оптимизации размещения радиоэлектронных элементов на печатных платах по критерию минимума суммарной длины связей. Программы, написанные на языке ФОРТРАН для ЭВМ БЭСМ-6, реализуют комбинированный метод парных перестановок всех элементов и метод вычисления минимальных связывающих деревьев. Исходными данными являются закодированная принципиальная схема и таблица возможных установочных мест. Количество размещаемых элементов ≤ 100 . При проверке программ на 6 платах, содержащих от 20 до 93 микросхем, в корпусах DIP получено сокращение суммарной длины связей от 1,6 до 13 метров по сравнению с ручным размещением. Счетное время ≤ 5 мин. Программы включены в систему автоматизированного проектирования и изготовления печатных плат - "Граф".

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Katysheva O.V., Pakhomov V.L.

P11 - 10679

Optimization of Placement of Elements on Printed Circuit Board

The problem of optimization of electronics component placement on printed circuit boards (PCB) by the interconnection between component sum length minimum is considered. FORTRAN programs for the BESM-6 computer perform a combined method of all component pair transpositions and that of minimal spanning trees. Encoded principal scheme and a table of possible adjusting places serve as input data. There may be up to 100 components per board. The testing of programs on 6 PCB containing from 20 up to 93 m/c indicated that in DIP packages sum interconnection length reduces from 1.6 up to 13 m as compared to manual placement. The executive time is ≤ 5 min. The programs are included into the system of PCB computer-aided design and producing ("Graph").

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

В связи с большой интеграцией схем модули на платах располагаются почти вплотную друг к другу, что затрудняет реализацию связей между ними. При таких условиях успешное осуществление трассировки сильно зависит от качества размещения.

Сформулируем задачу размещения в терминах теории графов^{/1/}. Пусть имеется поле расположения позиций на плате (установочных мест), которое однозначно определяется матрицей расстояний между отдельными позициями $A = \|a_{ij}\|$. Такую же информацию содержит и полный взвешенный граф $G[V, E]$, матрица смежности которого равна матрице расстояний A .

Матрица связей $S = \|s_{ij}\|$, соответствующая схеме соединений модулей, также несет информацию о полном взвешенном графе $G^*[V^*, E^*]$ (обычно мультиграфе).

Примем $|V| = |V^*|$, где $|V|$ и $|V^*|$ - количества элементов множеств V и V^* соответственно. Знака равенства здесь всегда можно достичь, вводя фиктивные изолированные элементы.

Каждое размещение модулей задаёт взаимно-однозначное соответствие между множествами вершин V и V^* , которое характеризуется функцией качества размещения $Q(R_t)$, где R_t - переменные, отвечающие различным критериям оптимальности.

Таким образом, задача сводится к поиску такого взаимно-однозначного соответствия между элементами множеств V и V^* , которое характеризуется оптимальным значением функции качества $Q(R_e)$. Общим критерием обычно является минимум суммарной длины связей.

Однако характеристики, вводимые в $Q(R_e)$, не должны влиять на сам алгоритм размещения.

В данной работе выбран алгоритм парных перестановок с периодическим пересчетом оптимального леса, что изменяет матрицу S' и удаляет обычный недостаток таких алгоритмов, выражающийся в сильной зависимости результата от начального размещения. Другой недостаток — резкое возрастание времени счета с ростом числа элементов — удалось преодолеть применением быстродействующего алгоритма вычисления $Q(R_e)$.

Опишем алгоритм по шагам.

1. Строится полный граф $G[V, E]$ с числом вершин, равным числу установочных мест монтажного поля платы. Каждому ребру графа присваивается вес, соответствующий расстояниям

$$A(i, j) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2},$$

где (x_i, y_i) и (x_j, y_j) — координаты мест на плате.

2. По алгоритму Прима^[2] вычисляется оптимальный лес для случайного первоначального размещения. Строится граф $G^*[V, E]$. Каждому ребру присваивается вес, равный количеству связей между инцидентными ему вершинами.

3. Если C_n^2 перестановок (n — количество элементов) уже не даёт улучшения $Q(R_e)$, то переходим к пункту 2. Эта итерация производится заданное количество раз.

Предложенный алгоритм и его реализация могут быть использованы для размещения конструкций любого уровня, когда размещаемые модули — одного размера. Предполагается модифицировать алгоритм для более общего случая.

Сумма элементов i -ой строки (или столбца) матрицы S' равна локальной степени $\rho(i)$ этой вершины.

Этот алгоритм позволяет получить локальный минимум, более близкий к глобальному, т.к. в нем учитываются все связи.

Время счёта для 100 элементов ≤ 15 минут на БЭСМ-6.

Для того чтобы воспользоваться автоматическим размещением элементов на плате при счёте по системе "Граф"^[3], необходимо выполнить следующее:

1. В I7 позиции управляющей перфокарты пакета размещения (следует за п/к RZM) необходимо пробить I, что означает первый вариант автоматического размещения.

2. В таблице размещения, после номера элемента, можно указать символ:

M — место, т.е. вы заводите в библиотеке пустой элемент, указываете только его имя и размеры, а в таблице размещения указываете, где его поставить. Таким образом можно задать произвольное множество мест, которые будут использованы при размещении.

P — признак, разрешающий переставлять данный элемент с другими аналогичными элементами (помеченными этим же признаком), ставя его на любое имеющееся место.

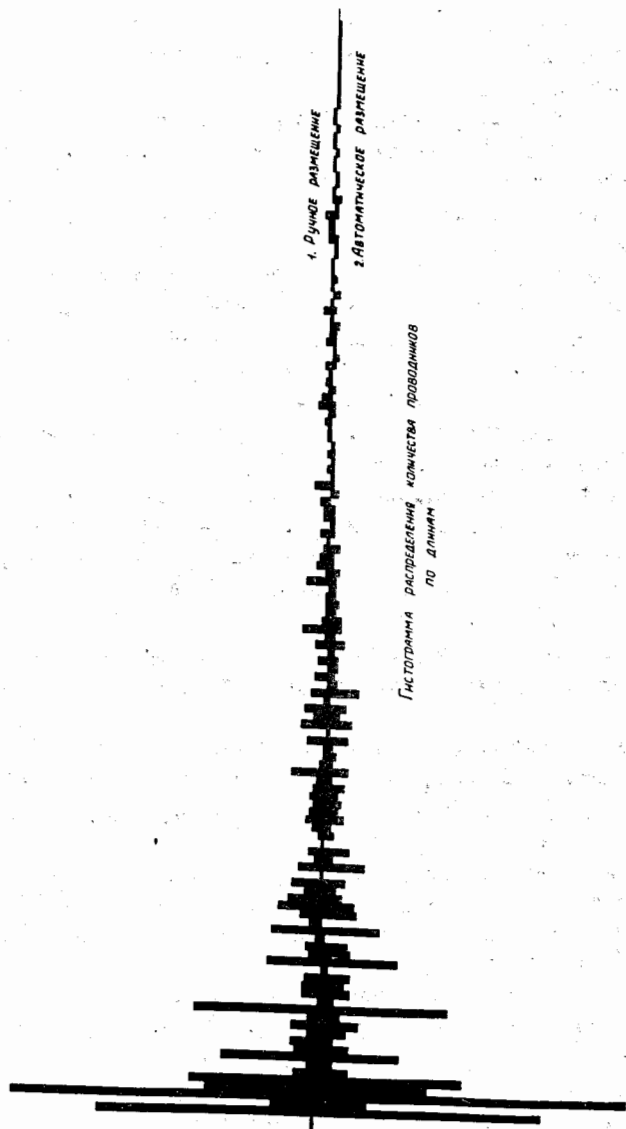
Естественно, размеры места должны быть не меньше размеров элемента. При этом вы можете задать и первоначальное размещение элементов; если же вы опускаете указание расположения элемента (X, Y) , то он будет поставлен на первое свободное, ранее указанное, место.

При автоматическом размещении учитываются связи только между элементами, независимо от того, фиксированы эти элементы или нет.

Цепи земли и питания рекомендуется добавлять в данные после получения схемы размещения на этапе автоматической трассировки или получения управляющих перфокарт для программно-управляемого оборудования.

При тестовой проверке алгоритма на плате КАМАК, содержащей 63 микросхемы и 2 фиксированных разъёма, получено сокращение суммарной длины связей на 3456 мм по сравнению с размещением, заданным разработчиком.

Сокращение суммарной длины связей не является единственным результатом, получаемым при автоматическом размещении. Одновременно сокращается количество пересечений и изломов проводников, (т.е. проводники спрямляются, уменьшается число точек I^[3]), уменьшается количество переходных отверстий и необходимых слоев платы, средняя длина проводников, разброс длины проводников относительно среднего значения.



Всё это способствует более равномерному заполнению полезной площади платы печатным монтажом, упорядочению рисунка монтажа, увеличению процента автоматической трассировки и, в конечном счёте, улучшению качества получаемых печатных схем для модулей ядерной электроники.

Авторы выражают благодарность Н.Н.Говоруну за поддержку этой работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ж.Н.Зайцева, М.Е.Штейн. Гамильтоновы циклы в решении задачи размещения. "Кибернетика", № 3, Киев, 1976.
2. R.C.Prim. Shortest Connection Networks and some Generalizations. The Bell System Technical Journal. Nov. 1957.
3. В.Л.Нахомов и др. Использование системы "Граф" для автоматизации проектирования и изготовления печатных плат. ОИЯИ, II-8642, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 мая 1977 года.