

Ц 84 а 3

П-955

1466 / 2-77

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



18/IV-77

11 - 10357

К.Пырвулеску, В.Л.Пахомов

ПАКЕТ ПРОГРАММ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ ДЛЯ ЭВМ CDC-6500

1977

11 - 10357

К.Пырвулеску, В.Л.Пахомов

ПАКЕТ ПРОГРАММ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ ДЛЯ ЭВМ CDC-6500

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Пырвулеску К., Пахомов В.Л.

11 - 10357

Пакет программ размещения элементов на печатных платах
для ЭВМ CDC-6500

Рассматривается метод, позволяющий получить размещение электронных компонентов согласно нескольким критериям оптимизации. Программы реализованы на ЭВМ CDC-6500 на языке ФОРТРАН.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

© 1977 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

§ I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, как показала практика, получение оптимального варианта размещения элементов на печатной плате, соответствующего данной принципиальной схеме, требует слишком больших затрат труда инженеров и техников.

Эта проблема особенно актуальна в условиях мелкосерийного производства, характерного для научно-исследовательских институтов.

Для автоматизации этих работ и предлагается описываемый в данной работе пакет программ размещения элементов на печатных платах, реализованный на ЭВМ CDC-6500.

В литературе описаны методы автоматического размещения элементов на печатных платах с помощью ЭВМ^{/2-4/}, но предлагаемые там алгоритмы требуют больших затрат машинного времени^{/3/}, сильно зависящего от числа компонентов, которые надо разместить. Из-за этого они не очень широко используются в практике.

В настоящей работе предлагается метод, позволяющий получить размещение электронных компонентов согласно нескольким критериям оптимизации, которые будут обсуждены дальше. Данный метод требует гораздо меньших затрат машинного времени и слабо зависит от числа компонентов.

Результаты размещения могут быть использованы для дальнейшего счета по системе "Граф"/1/.

§ 2. Описание алгоритма

Критерии оптимизации, применяемые в алгоритмах размещения электронных компонентов, уже обсуждены в литературе/2/.

Мы ориентировались на следующие критерии:

а) Равенство всех калибров по размерам.

Такое упрощение совершенно оправданно, когда число навесных элементов значительно меньше числа интегральных схем (часто встречающийся на практике случай).

б) Минимизация суммарной длины проводников.

Сокращение длины соединительных проводов повышает вероятность их прокладки без пересечений, приводит к повышению быстродействия и увеличению помехоустойчивости схем.

в) Облегчение процесса сборки схем.

г) Сокращение времени вычисления.

д) Совместимость кодирования принципиальной схемы/1/.

е) Выдача результатов в форме, соответствующей программе автоматической трассировки/1/.

ж) Адаптации к требованиям разработчика.

з) Ограничение количества элементов (≤ 100).

Программы не всегда дают глобальный минимум по критерию б), так как в них запрещено изменение ориентации элементов, но это ограничение намного сокращает время счета.

Соблюдение принципа е) дает возможность в дальнейшем включить программу POZITIA в систему "Граф", и тогда размещение

будет только промежуточным этапом автоматического изготовления печатных плат.

Пользователю предоставляются следующие возможности:

- разместить фиксированные компоненты;
- разместить некоторые элементы в определенной зоне платы;
- разместить некоторые элементы рядом;
- задать запрещенные зоны;
- задать цепи питания и землю отдельно (для случаев, когда размещение элементов осуществляется без учета этих связей);
- установить приоритеты размещения некоторых компонентов.

Ограничение количества элементов дает возможность адаптировать программу даже на малых ЭВМ с компилятором ФОРТРАН (для работы на СДС-6500 требуется 24К слов памяти). Программа легко адаптируется на большее количество элементов.

Алгоритм размещения:

1. Маркировка запрещенных зон.
2. Размещение фиксированных компонентов.
3. Размещение компонентов, максимально связанных с разъемом.

Замечание. Элементы, связываемые с уже размещенными компонентами, заносятся в список ожидания. Эта процедура производится после размещения любого компонента.

4. Размещение приоритетных компонентов.
5. Размещение других элементов в порядке их появления в списке ожидания в зависимости от числа их связей с уже размещенными компонентами. Позиция элемента определяется как свободное место, самое близкое ко всем размещенным элементам, с которыми он связан.

6. Определение суммарной длины трасс и сравнение ее с теоретическим оптимумом. Если они равны, процесс размещения кончился, если нет - продолжается.
7. Выделение самой длинной цепи.
8. Повторение всего процесса на другом массиве платы с учетом (в пункте 4) того, что цепь 7 является приоритетной.
9. Определение суммарной длины новой версии и сравнение с предыдущей версией. Лучшая запоминается, другая стирается.
10. Продолжение с новой версией. При этом цепь 7 - всегда цепь последней версии, независимо от того, была эта версия хорошей или нет.
- II. Продолжение процесса до глобального оптимума или до стационарности (последние 5-10 версий были плохие).

Алгоритм выработан в результате анализа размещения электронных компонентов и дает очень часто первую версию, достаточно хорошую. С учетом того, что программа затрачивает очень большое время для определения суммарной длины, в алгоритм включена возможность прекращения процесса на первой версии ($K=1$), через n версий ($K=n$) или так, как уже рассказано в 6 и II ($K=0$).

§ 3. Характеристики и способ использования программ

Пакет программ ROZITIA состоит из следующих главных подпрограмм:

CITIRE - производит чтение закодированной принципиальной схемы, запрещенных зон, фиксированных и приоритетных компонентов, разъема, питания, размеров платы, цепей и т.д.

Используют два формата: либо (11,5X, 2213), либо 9(2A1, 213). Последний формат применяется для связи с программой трассировки.

IMPUS - размещает фиксированные элементы, в том числе и разъемы.

DEASCO - размещает элементы над разъемом.

FORMAT - маркирует запрещенные зоны.

PREFER - размещает приоритетные компоненты.

COSTEL - размещает остальные компоненты.

LTRASE - определяет суммарную длину.

DEUDE - останавливает или продолжает процесс.

IESIRE - печатает результаты размещения на АЦПУ.

Одновременно перфорируются результаты в форме, необходимой для системы "Граф", если $M=1$ (см.дальше).

Память, используемая на СДС-6500, — 24К слов; время одного цикла ≤ 10 с.

Программы написаны на FORTRAN Extended 4.5^{5/}.

3.1. Использование программы

Пусть дается плата размерами e_x, e_y , которая считается разделенной на ячейки размерами i_x, i_y . Тогда размеры платы будут задаваться:

$$L_x = [e_x / i_x], \quad L_y = [e_y / i_y].$$

Размеры платы выбираются так, чтобы:

$$L_x \cdot L_y \geq N + n,$$

где N - число компонентов,

n - число запрещенных зон.

Один компонент занимает одну ячейку. Координаты размещенных пользователем компонентов задаются в шагах i_x, i_y .

Разъем делится на ячейки размером $i_x \cdot i_y$, а эти клетки считаются далее компонентами и включаются в N .

3.1.1. Формат кодирования (см. § 4)

1. 9 I
 $I = 1 \Rightarrow \text{FORMAT}(11, 5X, 22I3)$
 $I = 2 \Rightarrow \text{FORMAT}(9(2A1, 2I3))$

2. 8 N $L_x L_y$ $I_x I_y$ K M
 N - число компонентов,

L_x, L_y - размеры платы,

I_x, I_y - размеры ячейки,

K - число желаемых вариантов (см. § 2, II).

Если $M=1$, то получаются результаты и на перфокартах для последующего использования в системе "Граф".

3. 7 $K_{1x} K_{1y} K_{2x} K_{2y} \dots$

Координаты запрещенных ячеек.

4. 6 $IP_1 IP_2 \dots$

Приоритетные компоненты (их порядок выбран пользователем).

5. 5 $N_{11} N_{12} N_{21} N_{22} \dots$

Парные элементы (они будут рядом на плате).

6. 4 $L_1 X_{11} Y_{11} X_{12} Y_{12} L_2 X_{21} Y_{21} X_{22} Y_{22} \dots$

Это значит, что элемент L_i размещается ближе к точкам

$(X_{i_1}, Y_{i_1}), (X_{i_2}, Y_{i_2})$.

7. 3 $IC_1 IC_2 \dots$

Компоненты разъема.

8. 2 $M_1 m_{1x} m_{1y} M_2 m_{2x} m_{2y} \dots$

Фиксированные элементы и их позиции на плате.

9. 1 K1 N1 K2 N2 ... $\Phi\Phi$...

Питание и земля.

K_i - номер компонента,

N_i - номер вывода,

$\Phi\Phi$ - разделитель цепей.

10. Φ K1 N1 ... $K_i N_i$... $\Phi\Phi$...

K_i номер компонента, }
 N_i номер вывода } одной цепи

Замечание:

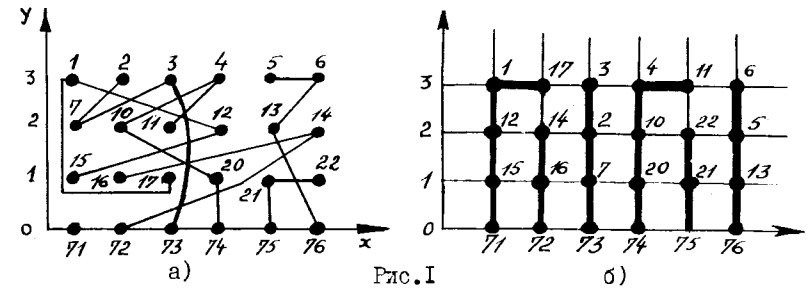
а) Φ можно заменить пробелом ().

б) $\Phi\Phi$ или $_ _$ - это конец цепи.

В начале данных ставятся обязательно перфокарты I. Остальные могут быть в любом порядке. Последняя карта должна быть 2.

§ 4. Пример размещения

В работе^{/3/} авторы приводят пример начального размещения схемы (рис.1а) и конечного размещения (рис.1б), полученного по их алгоритму на ЭВМ "Минск-22".



Мы пропробовали свой алгоритм на этом же примере. Результат см. на рис.2.

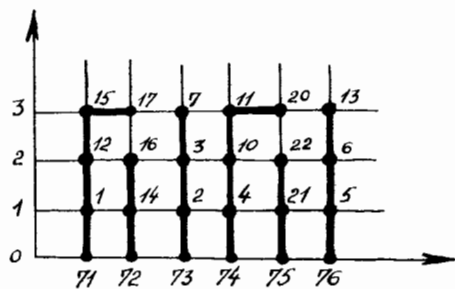


Рис.2.

Для решения такого же примера мы вводили на перфокартах данные, указанные на рис.3.

Время, затраченное для решения этой задачи на СДС-6500, составило 1 с, а память - 24К слов. Суммарная длина связей - 18.

Результаты счета реальных примеров показаны в § 5.

§ 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование пакета программ ROZITIA дает большую экономию времени при проектировании печатных плат. Выигрыш во времени тем больше, чем сложнее принципиальная схема и чем больше количество используемых компонентов.

Программа является достаточно гибкой в отношении конкретных требований за счет широкого набора представляемых пользователю возможностей (введения приоритетных связей, фиксированных компонентов, запрещенных зон и т.д.).

Малое время счета дает возможность пользователю не заказывать специального времени на СДС-6500, а использовать время, отводимое на отладку.

Программа
Программист

ФОРТРАН

номер	метка	оператор
1	2	15 16 17 18 19 20 21 22
2	3	14 15 16 17 18 19 20 21
3	4	12 13 14 15 16 17 18 19
4	5	11 12 13 14 15 16 17 18
5	6	10 11 12 13 14 15 16 17
6	7	9 10 11 12 13 14 15 16
7	8	8 9 10 11 12 13 14 15
8	9	7 8 9 10 11 12 13 14
9	10	6 7 8 9 10 11 12 13
10	11	5 6 7 8 9 10 11 12
11	12	4 5 6 7 8 9 10 11
12	13	3 4 5 6 7 8 9 10
13	14	2 3 4 5 6 7 8 9
14	15	1 2 3 4 5 6 7 8
15	16	1 2 3 4 5 6 7
16	17	1 2 3 4 5 6
17	18	1 2 3 4 5
18	19	1 2 3 4
19	20	1 2 3
20	21	1 2
21	22	1

по формату: FORMAT(I1,5X,2,2I3)

по формату: FORMAT(9(2A1,2I3))

Программы можно адаптировать даже на малые ЭВМ, у которых есть компилятор с ФОРТРАНа.

Программы были опробованы на схемах, уже спроектированных вручную. Получены следующие результаты:

- увеличение процента автоматической трассировки;
- сокращение суммарной длины печатного монтажа;
- сокращение времени практической реализации печатной платы;
- облегчение работы инженеров.

Кроме размещения компонентов на печатных платах программы могут применяться для решения любой двумерной или сводимой к ней задачи о размещении, в которой необходимо разместить компоненты по минимуму суммарной длины связей между ними (например, для расположения плат в стойке, размещения оборудования, планировки зданий и т.д.).

Авторы благодарят Н.Н.Говоруна, Н.Вылкова, И.Кэтэнеску, В.Короткова, К.Ондреичко за полезные обсуждения и поддержку данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Л.Пахомов и др. Использование системы "Граф" для автоматизации проектирования и изготовления печатных плат. ОИЯИ, II-8642, Дубна, 1975.
2. А.Ф.Белов и др. Обзор алгоритмов размещения компонент на печатной плате. Научно-технический сборник "Ядерное приборостроение", вып.18, М., Атомиздат, 1972.

3. А.Ф.Белов и др. Решение задачи размещения модулей на плате по минимуму суммарной длины связей на ЭВМ "Минск-22". Научно-технический сборник "Ядерное приборостроение", вып. 18, М., Атомиздат, 1972.
4. C.J.Fisk et al., ACCEL: Automated Circuit Card Etching Layout, Proceedings of IEEE, 55, 11, 1971-1980.
5. FORTRAN Extended Version 4 Reference Manual, Publication No. 60305601, august 1975, CONTROL DATA CORPORATION.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 января 1977 года.