

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



Ц8408
П-217

3/10-75

10 - 8468

854 / 2-75

В.Л.Пахомов

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ АДМАР_a

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 8468

В.Л.Пахомов

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ АДМАР а

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

За последние годы в радиоэлектронной аппаратуре широкое распространение получили печатные платы, конструкция которых позволяет при их изготовлении максимально использовать механизацию и автоматизацию. Реализация принципиальной схемы, разработанной инженером, в печатную плату, — длительный и трудоемкий процесс, требующий труда большого коллектива квалифицированных радиомонтажников, чертежников и т.д. Особенно остро стоит вопрос автоматизации при необходимости изготовления большого набора разнотипных печатных плат небольшими сериями /1/.

Предлагаемый комплекс программ, написанный на языке ФОРТРАН /2/ для БЭСМ-6, позволяет сократить сроки изготовления печатных плат, повысить производительность оборудования, упростить подготовку и получение необходимой документации.

Описание АДМАР /3/

АДМАР — это полуавтоматический станок с программным управлением, предназначенный для изготовления печатных плат. Он представляет собой двухкареточный координатный стол с приводом от шаговых двигателей. Установка позволяет выполнять чертеж схемы непосредственно на фольгированном основании и высверливать необходимые

отверстия. Для точной и единообразной установки на АДМАР е платы либо фрезеруются по контуру для соблюдения прямых углов, либо в них сверлятся базовые отверстия для установки на фиксирующие штифты.

Основные данные

Размер печатных плат (максимальный)	200 x 380 мм
Скорость черчения	400 мм/мин
Скорость сверления	20 отверстий/мин
Толщина линий	0,5 + 2 мм
Диаметр отверстий	0,6 + 1,2 мм
Большой шаг	2,5 мм
Малый шаг	0,25 мм
Точность возврата	± 35 микрон

Коды управления

Большой шаг	$26 \frac{-}{10} 32_8$
Малый шаг	$19 \frac{-}{10} 23_8$
Опустить перо	$17 \frac{-}{10} 21_8$
Поднять перо	$24 \frac{-}{10} 30_8$
Сверление	$15 \frac{-}{10} 17_8$
Останов	$16 \frac{-}{10} 20_8$

Коды привода

Направление	+x, 0	-	I(10) - I(8)
- " -	+x, +y	-	5(10) - 5(8)
- " -	0, +y	-	4(10) - 4(8)
- " -	-x, +y	-	6(10) - 6(8)
- " -	-x, 0	-	2(10) - 2(8)
- " -	-x, -y	-	10(10) - 12(8)
- " -	0, -y	-	8(10) - 10(8)
- " -	+x, -y	-	9(10) - 11(8)

По одному коду обрабатывается один шаг в указанном направлении.

Печатная плата, изображенная на бумаге с растровой сеткой, кодируется на перфокартах для последующей обработки на ЭВМ. В результате обработки данных, содержащих описание платы, ЭВМ выдает управляющие перфоленты для АДМАРа, содержащие программу изготовления этой платы.

Формат входных данных

Для кодирования любой платы приняты следующие типы точек:

- B - большое отверстие с контактной площадкой,
- M - малое " " " " " "
- S - большое отверстие,
- C - малое " "
- I - излом или конец проводника,
- J - скачок (за 2 малых шага до этой точки перо поднимается, а после прохода этой точки, через 2 малых шага, - опускается).

Каждая цепь описывается этими точками полностью. Программы исключают повторное рисование или сверление одной и той же точки, поэтому символ T при кодировании можно не применять. Порядок кодирования платы безразличен.

Предположим, нам надо закодировать рисунок платы, выполненной на бумаге с шагом растра, кратным 1,25 мм.

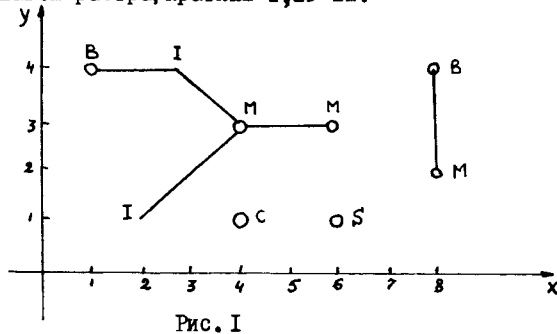


Рис. I

I. Кодировка в жестком формате. Этот формат применим для схем, изображенных на бумаге с шагом растра 1,25 мм.

Плата рис. I кодируется так:

T	B	O	O	I	O	O	4
I				3			4
M				4			3
M				6			3
T	I			2			I
M				4			3
T	B			8			4
M				8			2
T	S			6			I
T	C			4			I

T - признак начала цепи.

На каждую строку (описание одной точки) отводится 8 позиций п/к.

При этой кодировке обеспечивается максимальный контроль входных данных.

2. Кодировка в свободном формате. Этот формат применим для схем, изображенных на бумаге с шагом, кратным 2,5 или 0,25 мм.

Плата рис. I кодируется так:

```
. 5, 2., B
1.5, , T
2. , 1.5, M
3. , , M ;
1. , .5 T
2. , 1.5, M ;
4. , 2., B
    I., M ;
3. , 1.5, S
2., , C ;
```

Если координата x или y равна соответственно координате предыдущей точки, то ее можно не указывать. В этой кодировке символы I и T эквивалентны. Символы $_$ игнорируются.

После каждой строки пробиваются символы = ж (или только ж), эквивалентные кодам "перевод строки" и "возврат каретки". Их можно заменить пробивкой знака § .

Общий вид описания точки в этой кодировке $l.m, l.m, a;$
 где l - количество больших шагов
 m - " - малых - " - ,
 $.,$ - разделители,
 a - указатель типа точки ,
 $;$ - признак конца цепи.

Подготовка п/к возможна на устройствах ICL, ICL, ARITHM, УПП-БЭСМ-6, УПП-М-20 /4/.

П/к пробиваются с I по 72 позиции включительно, позиции 73+80 отводятся под нумерацию и идентификацию п/к. Перфокарту можно заполнять не полностью.

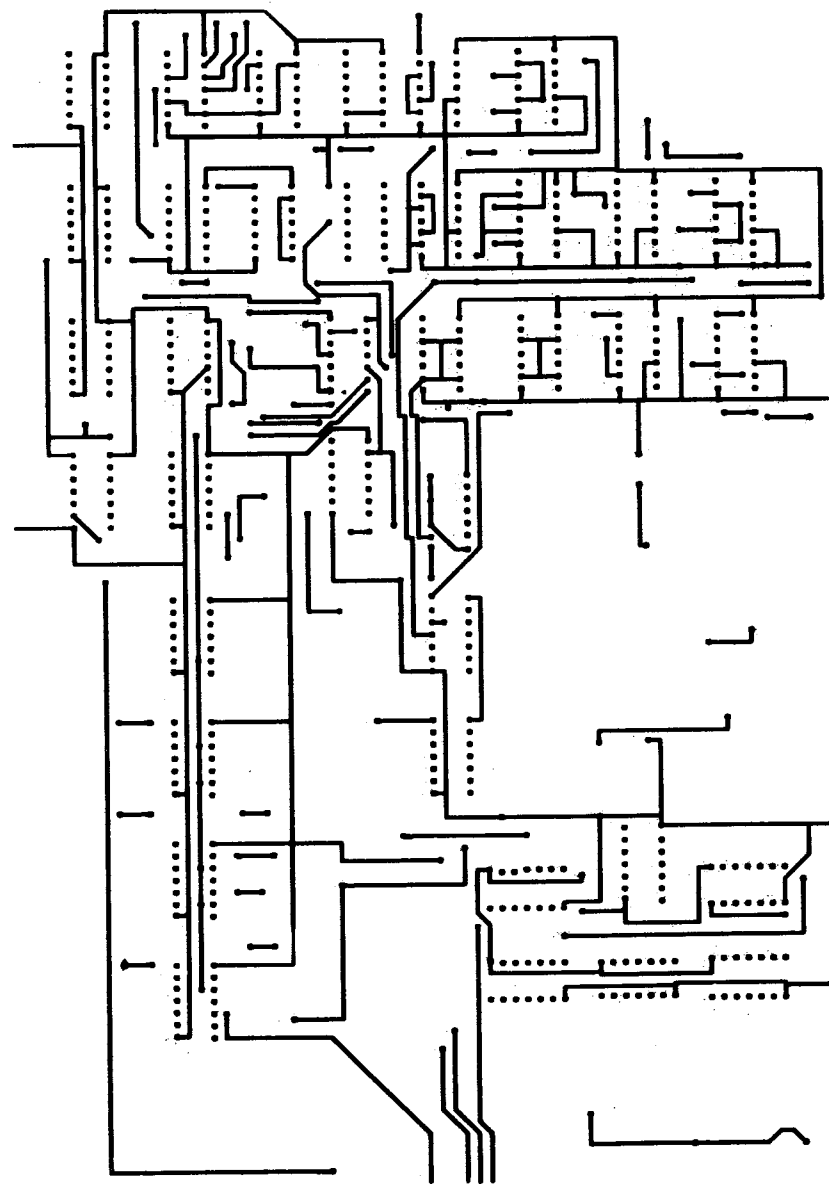
Работа АДМАР а

Для того, чтобы минимизировать время изготовления печатной платы на АДМАР а, необходимо решить "проблему коммивояжера" с числом "городов" порядка 1000. В настоящее время нет алгоритмов, позволяющих точно решать эту задачу при такой размерности за разумное время даже на самых мощных ЭВМ /5/.

Реализованный в данной системе алгоритм берет около 3 мин времени ЭВМ и позволяет получать управляющую п/л для АДМАР а не хуже, чем может подготовить человек при ручной кодировке порядка обработки схемы на плате, а главное, освобождает пользователя от необходимости заниматься этим вопросом, что сокращает время подготовки исходных данных.

Начиная от исходной точки, каретка движется всегда к ближайшему концу еще не обработанной цепи, обходя таким образом всю плату. Т.к. перемещения кареток по оси x и y взаимонезависимы, а мы хотим минимизировать время обработки платы, то эти условия определяют нам метрику, где расстояние между 2-мя точками определяется как $\max(|\Delta x|, |\Delta y|)$, где $\Delta x = x_i - x_j$, $\Delta y = y_i - y_j$, если точки имеют координаты (x_i, y_i) и (x_j, y_j) соответственно. (Заметим, что в такой метрике круг будет квадратом).

Таким образом, если мы находимся в какой-то точке (x_i, y_i) , то для минимизации холостого хода мы должны идти к ближайшему (в этой метрике) концу еще не обработанной цепи, чтобы затем пройти ее.



Одна сторона платы - станцарт КАМАК.
Рисунок выполнен на АДМАРе.

Т.е. мы должны найти для этого $\min(\max(|\Delta x|, |\Delta y|))$ по всем концам всех еще не обработанных цепей.

Следовательно, порядок обхода платы и прохода цепей определяется только конфигурацией схемы и не зависит от порядка ее кодирования.

В результате обработки исходных данных для каждой платы выдаются 4 управляющие п/л: рисование стороны деталей, рисование стороны монтажа, сверление больших отверстий, сверление малых отверстий. Этот набор п/л полностью обеспечивает изготовление печатной платы на АДМАРЕ.

В заключение автор выражает благодарность И.М.Иванченко за поддержку данной работы, И.Ф.Колпакову за постановку задачи и обсуждения, А.И.Салтыкову за помощь и полезные советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.З.Романов, В.В.Диков. Оборудование для изготовления печатных схем. "Энергия", М., 1972.
2. Язык ФОРТРАН, под редакцией В.П.Ширикова, ОИЯИ, II-4818, Дубна, 1969.
3. Установка для производства печатных плат. Тип АДМАР. Руководство. Будапешт, XI, ул.Каринти Фридеш, 22.
4. Г.Л.Мазный. Мониторная система "Дубна". ОИЯИ, II-5974, Дубна, 1972.
5. Т.Саати. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы. "Мир", М., 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 декабря 1974 года.