

Пахомов В.Л.

P11 - 10356

Программное обеспечение координатографа ЭМ-703
на ЭВМ БЭСМ-6

Приводится описание программного обеспечения, позволяющего автоматизировать процесс получения управляющих перфолент для координатографа ЭМ-703.

Комплект выдаваемых ЭВМ БЭСМ-6 перфолент обеспечивает автоматическое изготовление фотошаблонов печатных плат. Программы написаны на языке ФОРТРАН.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Pakhomov V.L.

P11 - 10356

Software for the Coordinate Plotting
Machine EM-703 at BESM-6 Computer

A software is described which allows one to produce the control tapes for EM-703. A set of produced control tapes provides the automated production of masters of printed circuit boards. Programs are written in the FORTRAN language.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

© 1977 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

В последнее время значительное внимание уделяется автоматизации процесса изготовления плат печатного монтажа. Использование программно-управляемых координатографов позволяет решить задачу автоматизации изготовления фотошаблонов, необходимых для производства печатных плат фотохимическим методом.

Примером таких устройств является координатограф ЭМ-703^{1,2/}. Изготовление фотошаблонов на нем решает задачу точного совмещения слоев платы при ее изготовлении.

Ручные методы подготовки управляющих перфолент (программирование) для автоматизированных координатографов связаны с рядом трудоемких работ:

- расчетом таблиц приращений координат перемещения исполнительного инструмента по заданному конструкторскому чертежу (3+14ч);
- записью соответствующих команд на бланках (1+3ч);
- перфорацией команд для исполнительного устройства (1+6ч).

При этом обычно допускаются ошибки, которые обнаруживаются только при работе самого координатографа во время отладки программы на ватмане, что приводит на практике к значительному увеличению затрат времени на получение бездефектных перфолент и, естественно, самих фотошаблонов^{3/}.

ТАБЛИЦА I

Коды координатографа ЭМ-703

В данной работе рассматривается программное обеспечение, созданное на ЭВМ БЭСМ-6 с целью автоматизации процесса подготовки управляющих перфолент (п/л) для координатографа ЭМ-703.

Описание координатографа ЭМ-703

Координатограф ЭМ-703 отличается сочетанием полной автоматизации управления с высокой производительностью и прецизионностью на большом поле перемещения рабочего инструмента. Устройство оснащено высокоскоростным следящим приводом перемещения кареток на двигателях постоянного тока, линейно-круговым интерполятором, системой непрерывной автоматической ориентации режущей кромки инструмента в направлении движения.

Координатограф обеспечивает: резание и фрезерование по эмали, нанесенной на стекло; гравирование линий на пластике, покрытом гравировальной эмалью; черчение на бумаге тушью или чернилами, а также карандашом и шариковой ручкой; снятие координат точек имеющегося изображения. Наличие фотоголовки позволяет использовать координатограф для черчения световым лучом по фоточувствительному материалу.

Рабочее поле, мм	- I200xI200.
Точность, мм	- $\pm 0,05$.
Скорость на прямых участках, м/мин	- 5,5 (max).
Скорость на дугах окружностей, м/мин	- 1,5 (max).
Масштабы	- I:I00, I:I0, I:5, I:2, I:I, 2:I, 5:I, 50:I, I00:I.

В координатографе принята прямоугольная система координат, значения которых вводятся с точностью до 0,01 мм. Перемещение инструмента допускается в любом направлении. Служебный код (см. таблицу I) обеспечивает все режимы работы координатографа.

Название	Номер дорожки п/л					"8" код	"10" код	"8" код с контролем
	5	4	3	2	1			
Цифра 0		•				00	00	00
- " - 1		•		•		01	01	01
- " - 2		•		•		02	02	02
- " - 3	x	•		•	•	03	03	23
- " - 4		•	•			04	04	04
- " - 5	x	•	•		•	05	05	25
- " - 6	x	•	•		•	06	06	26
- " - 7		•	•	•	•	07	07	07
- " - 8		•	•			10	08	10
- " - 9	x	•	•		•	11	09	31
Знак минус (-)		•	•	•		14	12	-
Признаки округлости (дуги)	X		•	•	•	12	10	-
	Y		•	•	•	13	11	-
Разность координат конечной и начальной точек отрезка	ΔX	•				20	16	-
	ΔY	•			•	21	17	-
Признак цикла Ц		•	•	•		30	24	-
Признак команды К			•	•	•	16	14	-
Команда "поднять инструмент"	2		•		•	02	02	02
	0		•			00	00	00
Команда "опустить инструмент"	1		•		•	01	01	01
	0		•			00	00	00
Отработка окружности в напр. +	1		•		•	01	01	01
	3	x	•		•	03	03	23
Отработка окружности в напр. -	1		•		•	01	01	01
	1		•		•	01	01	01
Признак конца кадра КК			•	•	•	17	15	-
Признак границы массива ГМ		•	•	•	•	37	31	-

Расположение управляющей информации на п/л

- Массив вводимой в читающее устройство координатографа управляющей информации (программа работы координатографа) ограничивается с обеих сторон кодом - "граница массива" (ГМ).

- В пределах массива ввод осуществляется отдельными кадрами. Разделение кадров достигается кодом - "конец кадра" (КК).

- Состав кадра:

- ΔX и ΔY - разность координат конечной и исходной точек отрезка, подлежащего обработке.
- X и Y - положение инструмента относительно центра окружности (дуги), подлежащей обработке (см. пример 1, 2, 3).
- Ц - цикл, приказ на циклическую обработку двух последовательных кадров заданное число раз.
- К - команда, управление подъемом и опусканием инструмента и движением рабочей головки координатографа.

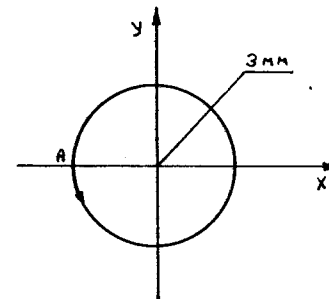
- Последовательность служебных кодов в кадре фиксирована: X, Y, ΔX , ΔY , Ц, К, КК.

- При равенстве нулю какого-либо числа его код (признак) в кадре не записывается:

- для обработки прямых отрезков задаются ΔX , ΔY и команда;
- для обработки окружностей задаются X или Y и команда;
- для обработки дуг окружностей задаются X(Y), ΔX , ΔY и команда (радиус дуги ≤ 10 м).

Приведем несколько примеров программирования на входном языке координатографа.

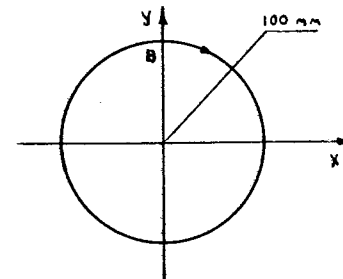
Пример 1. Нарисовать окружность радиусом $R = 3$ мм в \ominus направлении против часовой стрелки. Инструмент поднят и находится в точке А. На перфоленте пробивается следующая последовательность кодов (один кадр):



На перфоленте пробивается:

X - 30 K II KK

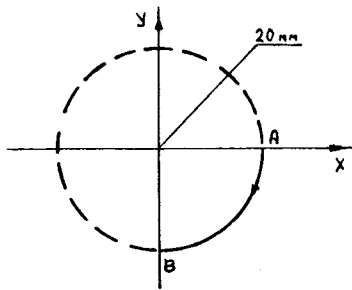
Пример 2. Нарисовать окружность радиусом $R = 100$ мм в \oplus направлении по часовой стрелке. Инструмент поднят и находится в точке В.



На перфоленте пробивается:

Y 100OK I3KK.

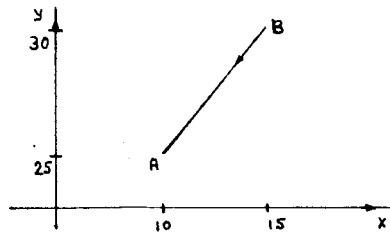
Пример 3. Нарисовать дугу АВ окружности радиуса $r = 20$ мм. Инструмент находится в точке А.



На перфоленте пробивается:

$\Delta X200 \Delta X - 200 \Delta Y - 200K \text{ I}3KK.$

Пример 4. Нарисовать отрезок прямой от точки A(10,25)мм до точки B(15,30)мм. Инструмент находится в точке B.



На перфоленте пробивается:

$\Delta X - 500 \Delta Y - 500 K \text{ I}0KK.$

Пример 5. Нарисовать "пилу" АВ, используя циклы. Инструмент находится в точке А.



На перфоленте пробиваются два кадра:

$\Delta X300 \Delta Y 400 \text{ Ц } 8K \text{ I}0KK,$

$\Delta X100 \Delta Y-400 K \text{ I}0 KK.$

Состав программного обеспечения

Все программное обеспечение координатографа создано в рамках Мониторной системы "Дубна". Специально для решения поставленной задачи написаны на языке ФОРТРАН программы: TENZOR, M7O3T, M7O3L *, а также внесены необходимые изменения в программы системы "Граф" для обеспечения работы описываемой подсистемы. Вся подсистема может работать без изменений на серийной ЭВМ БЭСМ-6.

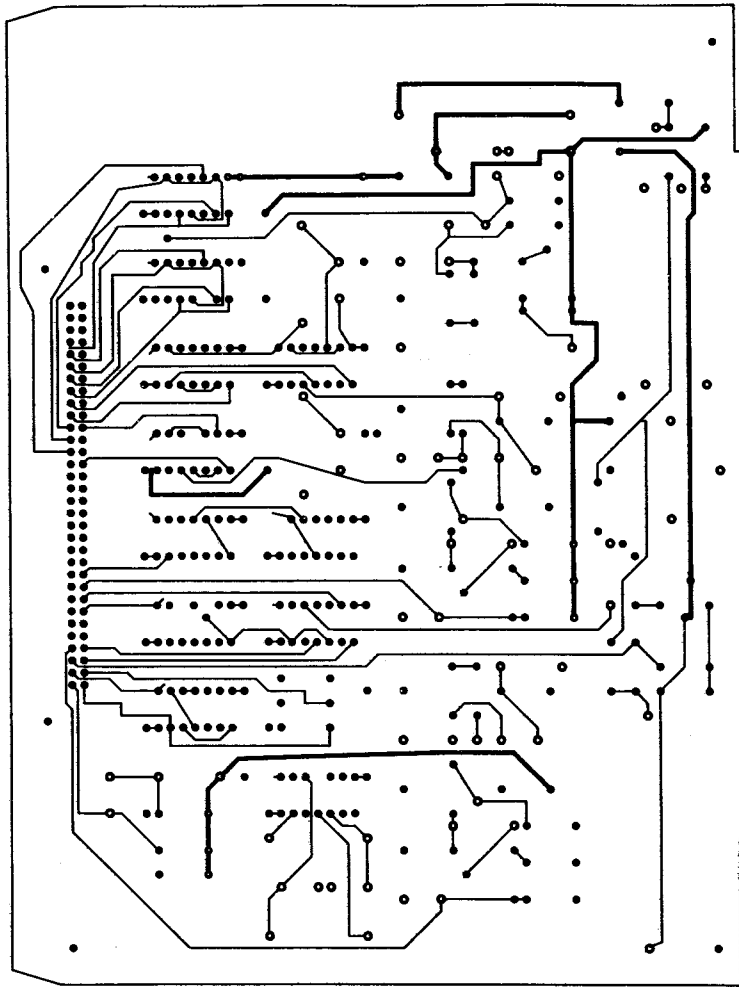
Общий объем подсистемы составляет 24К слов БЭСМ-6. Подсистема записана на магнитную ленту (МЛ) в транслированном виде (в виде модулей загрузки) как персональная библиотека.

Допустимы два варианта подготовки данных для получения управляющих п/л координатографа:

- использование координатоскопов для механизации этих работ;
- ручная подготовка данных на перфокартах (п/к) в жестком формате, которая описана в работах^{3,4/}.

Вид соответствующего бланка приведен на рис. I. Выигрыш во времени при машинном методе подготовки управляющих п/л по отношению к ручному составляет ~ 4 раза. С переходом на машинное проектирование печатных плат (ПП) необходимость в использовании чертежа ПП вообще отпадает. П/л, полученная с ЭВМ, заряжается в считывающее устройство координатографа, на котором автоматически выполняется фотошаблон.

*) Программа M7O3L написана В.С.Пилипченко.



Фотосаблон одного слоя платы, изготовленного на координатографе.

Автоматически колоду п/к с данными можно получить как приложение - непосредственно после проектирования плат системой "Граф", указав соответствующий признак в управляющих п/к системы^{/3/}. Попутно можно получить и контрольные рисунки слоев плат на графопостроителе САЛСОМР-565 или АЦПУ-128.

Пакет задачи для ввода в БЭСМ-6 формируется следующим образом^{/5/}. (Буквой X помечены поля п/к, заполняемые пользователем).

```

#name _XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
#time:xx.xx
#pass _XXXXXX
#tape:xxx - XXXXXX , 67,R
#perso: 67000
#main _TENZOR
#no _load _list
#call _ficmemory
#execute

```

п/к с названием данных в позициях I+I8.

```

} данные
E

```

п-к с буквой C (continue) в позиции I, если дальше есть еще данные, или с буквой E (end) в позиции I, если данных больше нет.

end _file

п/к - диспетчерский конец.

Для каждого пакета данных в пакете задачи подсистемой выдается 3 управляющие п/л в кодах координатографа ЭМ-703:

- п/л для обработки малых контактных площадок;
- п/л для обработки больших контактных площадок;
- п/л для обработки проводников.

5. Г.Л.Мазный. Мониторная система "Дубна". ОИЯИ, II-5974, Дубна, 1972.
6. А.Ф.Белов и др. Получение оригиналов гибридно-интегральных микросхем с помощью ЭВМ "Минск-22" и координатографа с программным управлением ЭМ-70ГМ. Ядерное приборостроение, вып. 23, СНИИП, Атомиздат, 1973.
7. А.А.Федулова и др. Многослойные печатные платы. М., "Советское радио", 1973.
8. В.Л.Нахомов. Автоматизация изготовления фотооригиналов печатных плат. ОИЯИ, II-8624, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 января 1977 года.