

473

24i-12

К - 736
СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 6146

204/2-72

6146

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ



В.М. Котов, И. Эсенски

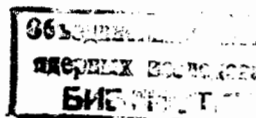
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ (АСКИП)

1971

10 - 6146

В.М. Котов, Й. Эсенки

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ (АСКИП)



Введение

Основой электронного оборудования является ячейка. В настоящее время наибольшее распространение получила ячейка с печатным монтажом. Изготовление печатной платы - процесс трудоемкий и длительный по времени. Возникла насущная потребность автоматизировать проектирование и изготовление печатных плат. Для этой цели естественно использовать цифровую электронную вычислительную машину (ЭВМ).

Автоматическая система для проектирования и изготовления печатных плат (АСКИП) предназначена для проектирования печатного монтажа электронных схем на интегральных микросхемах, а также на обычных дискретных элементах. Система представляет собой комплекс электронного и механического оборудования (электронная вычислительная машина типа ТРА-1 с внешним оборудованием, автоматическое рисующее устройство "ADMAP" и химическое оборудование для гальванического травления и металлизации отверстий) и математического обеспечения.

Перечисленное техническое оборудование уже хорошо зарекомендовало себя в эксплуатации.

Для функционирования системы необходимо разработать только математическое обеспечение, которое объединит технические устройства в единую систему, позволяющую производить изготовление печатного монтажа по данной логической схеме.

I. Процесс "ручного" изготовления печатной схемы

Конструирование печатной схемы может быть условно разделено на следующие операции:

- 1) Разработка логической схемы, которая должна быть размещена на данной плате.
- 2) Выбор размещения электронных элементов (например, интегральных микросхем, конденсаторов и т.д.) на плате.
- 3) Составление схемы соединений.
- 4) Чертежные работы для создания оригинала печатной схемы.
- 5) Фотографирование оригинала и перенос изображения печатной платы непосредственно на фольгированный текстолит.
- 6) Сверление отверстий.
- 7) Процесс химической обработки (травление, металлизация отверстий и т.д.).

Временные затраты по 2-7 пунктам при ручном изготовлении составляют 50-90 часов.

П. Описание последовательности операций в АСКИП-е
(см. приложение)

Исходные данные изготавливаются с помощью телетайпа, автомата *ADMAP* или просмотрового измерительного стола.

1) После ввода в ЭВМ соответствующих программ в машину вводятся данные о размере печатной платы. В ответ ЭВМ выводит на экран дисплея изображение печатной платы в виде прямоугольного раstra. Затем в ЭВМ вводятся данные об электронных блоках, например, о микросхемах (расположение и количество выводов), данные о разъеме (размер и число контактов), а также список точек, которые надо соединить.

2) Далее начинает работать программа оптимизации размещения блоков (см. Ш. 2.1.) на печатной плате. По окончании работы этой программы на экран дисплея выводится для редактирования оператором изображение размещения микросхем.

3) После корректировки размещения начинает работать программа выбора графов (см. Ш. 2.2.) и программа трассировки выводов блоков (см. Ш. 1.).

По окончании изображение схемы печатного монтажа снова выводится на экран дисплея для повторного редактирования и соединения тех точек, которые оказались несоединенными.

Эти точки могут быть соединены оператором с помощью "управляющего ключа" дисплея или после соответственного редактирования с помощью повторной работы программы трассировки выводов блоков.

Контроль соединений осуществляется по экрану дисплея.

4) Окончательный вариант печатного монтажа обрабатывается программой оптимизации движения пера и сверла автомата "*ADMAP*" (см. Ш. 2.3.)

5) Следующей фазой является работа многопроходного транслятора (см. Ш. 3) для производства управляющих лент для автомата "*ADMAP*," перфоленга для сверловки, вычерчивания и т.д. Автомат вычерчивает рисунок схемы непосредственно на фольгированном текстолите, сверлит в данных точках и т.д.

6) Последний этап - процесс химической обработки (травление, металлизация отверстий и т.д.)

По предварительным подсчетам временные затраты в АСКИП-е на 1-5 пункты 10-12 часов.

III. Основные технические характеристики и состав оборудования в АСКМП-е

I) ЭВМ типа ТРА-I

Малогабаритная вычислительная машина имеет следующие основные параметры [8] :

Длина слова 12 разрядов

Цикл памяти 2 мксек

Объем памяти 8 к.

Расширенная арифметика

Необходимые внешние устройства:

Телетайп ASR -33

Фотоввод FS -1500

Перфоратор PE-1500

Растровый дисплей типа NE -601/I

Магнитный диск типа NC-245

Программное обеспечение ЭВМ включает в себя : ассемблеры *SLANG*, *FOKAL*, *FORTRAN*, *MACRO -8* и т.д.

2) Автомат для производства панелей "ADMAP "

Автоматическое устройство управляется перфолентой. Выполняет сверление отверстий в заданных точках и вычерчивание схемы на фольгированном текстолите.

имеет следующие параметры:

Максимальный размер плат: 200 x 380 мм.

Толщина - " - : ≤ 2 мм

Наименьший шаг 0,25 мм

Точность возврата в одну точку 0,035 мм

Толщина линии от 0,5 - 2 мм

Диаметр отверстия от 0,6 - 1,2 мм

Скорость перемещения пера 40 см/мин.

Фотоввод для ввода управляющей перфоленты 5-8 дорожками.

Коды "ленты управления" содержат необходимые команды для автомата, например, перемещение пера на один "шаг" в каком-то направлении, команда изменения шага, сверления и т.д.

IV. Математическое обеспечение системы

Предполагаемое математическое обеспечение этой системы можно разделить на три части:

- а) программы планирования размещения блоков на печатной плате,
- б) программы оптимизации по определенным критериям некоторых операций при изготовлении печатной платы,
- в) программы для управления автомата "АДМАР".

IV. I. Программы планирования

Планирование основано на использовании растровой системы. Вся поверхность платы условно разделяется горизонтальными и вертикальными линиями на квадратные элементы. Одну клетку платы можно определять соответственно координатами X и Y.

Данные представляются как отдельные точки, линии или блоки.

Точки даются координатами X и Y и качеством точки (например, отверстие, место для припайки и т.д.).

Линии можно задавать в виде последовательности отрезков прямой, определяя их начальными и конечными точками.

Можно также задавать линии только двумя точками, в этом случае сама машина будет "трассировать" ее.

Блоки содержат точки и линии, которые часто повторяются на данной плате (например, значение координат выводов микросхем какого-либо типа).

Эти данные можно передвигать по изображению на экране дисплея с помощью управляющего ключа и фиксировать в данной точке изображения. Такая возможность позволяет значительно ускорить процесс планирования.

Данные могут быть введены в ЭВМ с помощью быстрого читающего устройства FS-1500 или с помощью телетайпа. Возможен ввод данных и с клавиатуры дисплея.

При наличии в составе внешних устройств ЭВМ накопителя на магнитных дисках можно при выводе изображения на экран также менять масштаб какой-либо части изображения.

Программы, которые выполняют выше описанные функции, написаны на языке SLANG-2.

В эти программы предполагается также включить "программу трассирований". Эта программа основана на модификации алгоритма Ли [1], [2]. Язык этой программы SLANG-2.

IV. 2. Программы оптимизации

К программам оптимизации принадлежат следующие программы:

- 1) Оптимальное размещение блоков.
- 2) Выбор "плоских графов", т.е. точек, соединение которых может быть выполнено в одной плоскости.
- 3) Оптимизация движения сверла или пера автомата "ADMAP".

IV. 2.1. Оптимальное размещение блоков

В качестве критерия для оптимизации размещения блоков используется минимальная сумма длин соединительных проводов.

В пользу выбранного критерия можно высказать эвристическое соображение, что, вообще говоря, чем ближе будут находиться связанные между собой блоки, тем легче будет провести между ними соединения [3].

Эту программу можно использовать и для проектирования размещения плат в стойке, минимизируя длину проводов, соединяющих разъемы.

Язык программы: *FORTRAN*.

IV. 2.2. Выбор "плоских графов"

Эта программа должна выбрать на схеме те точки, соединение которых может быть сделано в одной плоскости [4], [5]. Для оставшихся точек производится повторно такая же операция. В случае двустороннего монтажа процесс выбора "плоских графов" заканчивается.

Оставшиеся точки после такого двукратного построения могут быть соединены оператором вручную с помощью дисплея.

Язык этих программ - *FORTRAN*.

IV. 2.3. Оптимизация движения сверла или пера автомата "ADMAP"

Эта программа должна уменьшить время движения пера или сверла посредством выбора такой последовательности соединений точек, которая минимизирует "мертвое время", т.е. время перемещения пера или сверла в воздухе.

Математическая модель этого движения - это "бродячий продавец" (коммивояжер) [6], а именно, движение пера - несимметричная, а движение сверла - симметричная матрица расстояний. Программа исполь-

зует прямой метод решения этой задачи [7], но рассматривает только ближайшие точки, то есть строит только локально-оптимальное движение.

Язык программ - *FORTRAN*.

Форма записи входных и выходных данных этой программы соответствует "ленте данных" автомата "*ADMAP*" (см. IV.3).

IV.3. Программы для управления автомата "*ADMAP*"

Задание данных (формат данных) для этого автомата производится в форме языка "лента данных". Язык этой ленты более простой, чем язык управляющей ленты (для сравнения можно сказать, что они относятся друг к другу как автокод ЭВМ и *FORTRAN*).

Точки на ленте данных задаются названием их качества (например, Н-большая точка пайки

К- малая - " - " -

Т-точка излома

Ф -точка, в которой должно быть отверстие) и соответствующими координатами.

На ленте данных линии задаются в форме последовательных отрезков, начало и конец которых определяются вышеперечисленными точками.

Язык ленты данных дает возможность использовать программы для ввода часто повторяющихся блоков (например, выводы микросхемы, контакты разъемов и т.д.). Для этого необходимо дать только название блока, вектор перемещения и вектор вращения.

"Лента данных" проверяется синтаксической проверяющей программой.

Для перевода "ленты данных" в управляющую ленту необходим транслятор. Используемый транслятор многопроходный. Работа такого транслятора позволит выдавать промежуточные перфоленты для управления только отдельными операциями "*ADMAP*"-а. (Например, только для сверления и т.д.).

Транслятор написан в *SLANG-2*.

Заключение

Преимущества АСКИП-а:

- 1) Использование ЭВМ позволит исключить ошибки технического характера и получить оптимальный вариант печатного монтажа.
- 2) В АСКИП-е используется малогабаритная ЭВМ.
- 3) Значительно сокращается процесс производства печатных плат.
- 4) АСКИП целесообразно применять и для дискретных электронных элементов так же, как и для интегральных схем.
- 5) Непосредственное вычерчивание на фольгированном текстолите исключает весьма трудоемкое фотографирование.
- 6) Участие человека в работе, кроме задания исходных данных, заключается только в управлении и контроле работы машиной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee C.V. An algorithm for path connections and its applications. IEEE Trans. on Electronic Comp. EC-10, 1961, No.3, pp.346-365.
2. В.Л.Харченко. О машинном методе проектирования соединений. Сборник трудов института математики СО АН СССР "Вычислительные системы". Выпуск 6, 1963.
3. Н.А.Матюхин. Применение вычислительных машин для проектирования цифровых устройств. Москва, 1968.
4. Г.С.Плесневич. Расположение графа на плоскости. Сборник трудов СО АН СССР "Вычислительные системы". Выпуск 6, 1963.
5. A.Lempel, S.Even, J.Cederbaum: An algorithm for planarity testing of graphs. Theory of graphs. Roma, 1966.
6. А.А.Корбут, Ю.Ю.Финкельштейн. Дискретное программирование. Москва, 1969.
7. Kovács László Béla: A diszkret programozás kombinatorikus módszerei. Budapest, 1969.
8. TPA Small Scale General Purpose Digital Computer. KFKI, Budapest, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 ноября 1971 года.

