

- на основе применения ЭВМ: Материалы Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1977.
12. Бредихин С. В. и др. Программирование средств связи и управление вводом-выводом в унифицированной магистральной системе обмена (УМСО).— В кн.: Автоматизация эксперимента. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1976.
 13. Бредихин С. В., Каганский И. М., Песляк П. М. Аппаратные и программные средства сбора данных в эксперименте ДОППЛЕР.— В кн.: Автоматизация экспериментальных исследований: Тез. Всесоюз. конф. Куйбышев: КУАИ, 1978.
 14. Каганский И. М. RIE — система диалогового взаимодействия.— Новосибирск, 1983. (Препринт/АН СССР, Сиб. отд-ние, ИАиЭ; № 201).
 15. Каганский И. М., Талныкин Э. А., Фризен Д. Г. Язык системного программирования, ориентированный на архитектуру ЕС ЭВМ.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ: Материалы Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1977.
 16. Фурман М. Е. Макрогенерация структурирования программ в ОС ЕС.— Программирование, 1982, № 4.
 17. Алгол-68. Методы реализации/Под ред. Г. С. Цейтлина.— Л.: ЛГУ, 1976.

Поступила в редакцию 26 декабря 1983 г.

УДК 681.3.06

Э. А. ТАЛНЫКИН
(Новосибирск)

РЕД — ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР В СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Введение. В работе [1] приведены основные принципы построения программного комплекса для проектирования печатных плат, развиваемого в Институте автоматизации и электрометрии СО АН СССР на базе ЭВМ семейства «Электроника» или СМ-4. В настоящей статье рассмотрена основная компонента комплекса — интерактивная система графического редактирования топологии печатных плат (РЕД). Система работает либо на ЭВМ, использующей графические возможности через линию связи, либо в микро-ЭВМ на автономной конфигурации рабочего места [2]. Далее будут применяться термины и понятия, введенные в [1, 2]. (Поскольку настоящая статья не является полной инструкцией по работе с системой, некоторые элементы, относящиеся к техническим деталям, здесь не описаны).

Принципы работы редактора. Конструкции печатных плат хранятся в архиве в виде файлов. Для работы с печатными платами в редакторе имеется виртуальное поле, соответствующее размеру 1600 × 1600 мм на плате при разрешении 0,025 мм. Информация может размещаться на 15 слоях виртуального поля, что позволяет одновременно редактировать до 15 слоев печатной платы. Сразу после вызова системы виртуальное поле пусто и можно начинать создание новой конструкции. При необходимости редактировать или просматривать с целью контроля уже существующую в архиве печатную плату ее нужно вызвать на редакцию («прочитать» в виртуальное поле). Исходная копия печатной платы в процессе редактирования не участвует. По завершении процесса редактирования полученная конструкция может быть записана в файл (обычно в новую версию исходного файла).

Поскольку конструкция печатной платы состоит из печатных элементов и проводников, редактирование естественным образом сводится к удалению старых и образованию новых элементов с использованием средств автоматизации, предоставляемых графическим редактором.

В процессе редактирования часть виртуального поля печатной платы (прямоугольное окно) составляет поле изображения. Фрагмент поля изображения может быть выведен на экран дисплея. Поле изображения

является дискретным. Оно расслаивается на две либо три карты, каждая из которых окрашивается в свой цвет [2]. Размер поля изображения определяется емкостью карты. Каждый из слоев печатной платы может не отображаться вообще либо отображаться на одной из карт. Несколько слоев могут отображаться на одной карте, если это не приводит к неоднозначности для пользователя. На экране видна послойная конструкция печатной платы, геометрически подобная ее реальному изображению (на просвет), насколько это позволяет сделать выбранное разрешение, которое определяется задаваемым масштабом отображения. За единичный масштаб условно принято отображение 2,5 мм на 6 элементов изображения.

При работе редактора всегда установлена некоторая сетка, к узлам которой приводятся (путем округления координат) все вновь вводимые элементы печатной платы. Минимально возможный шаг сетки составляет 0,025 мм.

Изображения масок конструкторского слайда не встроены в систему, а хранятся в виде отдельных текстовых файлов. Язык описания слайдов изложен в [4]. Иногда для обеспечения более высокой скорости отрисовки при работе редактора используется стилизованный вариант конструкторского слайда, а при изготовлении печатной платы — реальный.

Часто в конструкции печатной платы встречаются повторяющиеся фрагменты, для работы с которыми в редактор PED встроены средства макротехники. Макрос — это фрагмент конструкции печатной платы, который можно размещать несколько раз в разных позициях и при различных ориентациях.

Сеанс редактирования обычно состоит в чтении конструкции печатной платы; выборе файла конструкторского слайда; задании соответствия слоев печатной платы картам памяти дисплея; выборе фрагмента для отображения; установке масштаба, конфигурации поля изображения и других параметров. Если редактирование не завершено и требуется прервать сеанс, то можно сохранить полное состояние системы в файле, а при необходимости — продолжить работу с прежней позиции.

В работе редактора выделяются два режима: командный и функциональный (графический), которые будут описаны далее более подробно. Если для выполнения некоторых операций не требуется перехода в функциональный режим, редактором можно пользоваться с терминала, не оснащенного графическими возможностями.

Командный режим. В данном режиме взаимодействие оператора с системой происходит на уровне текстовых команд. Признаком того, что система готова к приему очередной команды, является наличие на экране подсказки «PED>». При вводе командной строки можно исправлять опечатки, как это принято в операционной системе.

Командная строка состоит из имени команды и возможных параметров, разделяемых между собой запятой или пробелами. Имена команд можно сокращать. Большинство наиболее употребительных команд допускает сокращение имени до одной буквы.

Приведем описание основных директив, применяющихся в данном режиме:

READ *имя файла*

Считать в виртуальное поле конструкцию печатной платы, записанную в указанном файле. Информация, считываемая из файла, смешивается с уже имеющейся и не может быть разделена.

WRITE *имя файла*

Записать в указанный файл текущее состояние находящейся на редактировании конструкции печатной платы.

SAVE *имя файла*

Сохранить в указанном файле текущее состояние сеанса работы. Сохраняется не только информация о печатной плате,

- но и все дополнительные параметры, необходимые для продолжения прерванного сеанса.
- OLD *имя файла*
Возобновить прерванный ранее сеанс работы.
- RESET
Привести систему к исходному состоянию, очистить виртуальное поле печатной платы. Команда эквивалентна перезапуску системы.
- SUSPEND
Произвести приостановку системы, освободив терминал для работы с другими программами. Возобновление работы редактора осуществляется командой операционной системы (RESUME).
- SCALE $m : n$
Установить масштаб отображения печатной платы на дисплее (устанавливается относительно условного единичного масштаба).
- GRID $d [x y]$
Установить сетку с шагом, равным d . Дополнительные параметры (x, y) определяют координаты одного из узлов сетки. Таким образом, сетка может быть смещенной на величину, не кратную шагу.
- FIELD $n : m$
Установить параметры. Здесь n — число элементов изображения в строке, m — число карт, на которое следует расложить изображение.
- MAP $l/m, \dots$
Установить отображение слоя l печатной платы на карту с номером m дисплея. Слои, не указанные в данной команде, не отображаются.
- SLIDE *имя файла*
Считать из указанного файла описание конструкторского слайда, позволяющего создавать изображение печатной платы, подобное реальному.
- WMACRO *имя файла*
Записать определенные на данный момент макросы в файл с указанным именем.
- RMACRO *имя файла*
Считать из файла макросы, записанные ранее командой WMACRO.
- DISPLAY $[x y]$
Переход в функциональный режим. Левый нижний угол изображения устанавливается в точку с координатами (x, y) поля печатной платы. Команда позволяет произвольно перемещать поле изображения по плате. Если параметры команды опущены, происходит переход в функциональный режим с сохранением изображения.

Функциональный режим. В функциональном режиме исполнение каждой из функций производится по нажатию соответствующей ей кнопки клавиатуры. Неявным аргументом почти всех функциональных операций является текущая позиция локатора на экране дисплея. Перемещение локатора по экрану, а также экранное масштабирование и перемещение экрана по изображению реализуются базовым программным обеспечением графического дисплея [2] и здесь не описываются. Независимо от наличия в конфигурации рабочего места средств графического диалога (функциональной клавиатуры или аппаратуры для позиционирования локатора) базовое обеспечение всегда позволяет обходиться возможностями алфавитно-цифровой клавиатуры: дополнительные средства лишь предоставляют дополнительные удобства. Изложение

будем вести в терминах условных названий функций (функциональных кнопок), заключая их в кавычки.

В системе имеется набор устанавливаемых параметров, например: текущий слой, текущий инструмент для проводников, печатных элементов, переходных отверстий. Изменять значение этих параметров можно как в командном, так и в функциональном режиме.

Построение трассы. Трасса может прокладываться в виде ломаной линии с возможными переходами со слоя на слой. Для того чтобы начать построение трассы, необходимо привести локатор в точку начала трассы и нажать кнопку «Начало». Далее локатор переводится в следующую точку ломаной и нажатием кнопки «Слой *N*» указывается номер слоя, на котором следует провести очередной сегмент трассы. Если в некотором узле трассы необходим переход на другой слой, то это обеспечивается нажатием кнопки «Переход» после подхода трассы к данной точке. Трасса проводится текущим инструментом для проводников, а переход со слоя на слой — инструментом для переходных отверстий.

Печать элементов. Для внесения в конструкцию платы печатных элементов существует несколько способов. Один из них уже описан — это задание переходных отверстий в процессе построения трассы. Для внесения печатного элемента в позиции локатора на текущий слой необходимо нажать кнопку «Печать», а затем ввести номер маски. Общий элемент печатается текущим инструментом для печатных элементов по нажатию кнопки «Общий».

Работа указкой. Для реализации некоторых функций необходим механизм выделения элементов печатной платы. Нажатие кнопки «Поиск» приводит к подсветке элемента, попавшего в окрестность локатора. Последующие нажатия кнопки «Поиск» вызывают циклический перебор и подсветку элементов окрестности. Последний подсвеченный элемент считается выделенным, пока не переместится локатор. Над выделенным элементом можно производить следующие операции путем нажатия соответствующих кнопок: «Удаление» — удалить выделенный элемент; «?» — узнать информацию об элементе (номер маски, слой, координаты); «Разрез» — разрезать выделенный проводник на две части в точке, где расположен локатор; «Замена» — заменить маску для выделенного элемента (устанавливается текущая маска для проводника или печатного элемента в зависимости от того, что было выделено); «Связь» — выделить целиком всю связь, образуемую выделенным проводником на своем слое. В результате связь подсвечивается, затем подсвечивается повторно по нажатию кнопки «Связь», даже если изменилось положение локатора или переместился экран по изображению. Это дает возможность просмотреть всю связь. Кнопка «Удаление» позволяет удалить связь, а «Замена» — заменить маски всех проводников связи на текущий инструмент для проводников.

Определение макроса. Для определения макроса задается содержащий требуемый фрагмент платы прямоугольник со сторонами, параллельными осям координат. Это осуществляется приведением локатора в одну из вершин прямоугольника (базовую точку макроса) и нажатием кнопки «Начало фрагмента», а затем перемещением локатора в противоположную вершину прямоугольника и нажатием кнопки «Конец фрагмента». Далее следует нажать любую кнопку, с которой будет связан макрос.

Вызов макроса. Для вызова макроса необходимо привести локатор в точку предполагаемого размещения базовой точки макроса, нажать кнопку «Вызов», а затем кнопку, обозначающую имя макроса. Соответствующий фрагмент будет нарисован на экране. После получения от оператора подтверждения фрагмент заносится в печатную плату, а при отказе — стирается с экрана.

Кроме перечисленных, имеется ряд функций для установки различных параметров, отключения и включения отображения карт памяти,

определения позиции локатора, установки приоритетов слоев на изображении, прорисовки сетки и т. д., существует также кнопка для возврата в командный режим.

Заключение. Представленная разработка в течение двух лет эксплуатировалась в нескольких коллективах и организациях и показала себя как удобная и эффективная система поддержки для конструктора печатных плат. Несерийная аппаратура, необходимая для организации рабочего места, имеет небольшой объем и легко воспроизводима, что позволяет без особого труда тиражировать систему.

Следует отметить вклад П. М. Песляка, который провел адаптацию системы к работе в составе автономного рабочего места, а также С. Л. Ивашина, исследовавшего различные протоколы связи на линии с ведущей ЭВМ. И. А. Николаева и В. В. Крепец были первыми и самыми активными пользователями системы. Они обеспечили серьезную поддержку при тестировании, а также внесли много конструктивных предложений по функциональному составу и организации пользовательского интерфейса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Талныкин Э. А. Система проектирования печатных плат на ЭВМ семейства «Электроника». — Автометрия, 1984, № 4.
2. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Графический дисплей растрового типа для систем двухкоординатного проектирования. — Там же.

Поступила в редакцию 8 мая 1984 г.
