

полнительной служебной информации, сопровождающей ввод или вывод данных. Так, в разработанной системе нулевой разряд использовался в качестве аппаратного маркера, фиксирующего положения светопера и формирующего на выводимом изображении вспомогательную графическую разметку. Внешний канал устройства сопряжения представлен шиной синхроимпульсов чтения, восемь входными и восемью выходными шинами, причем выходные шины могут переводиться в третье состояние для подключения на общую магистраль. Обмен данными между устройством сопряжения и ВУ одинаков для ввода и вывода и выполняется в синхронном режиме. Особенностью диаграмм обмена является использование обоих фронтов синхроимпульсов, что обусловлено наличием в устройстве системы «прозрачной» регенерации БЗУ. При этом один из фронтов управляет работой системы регенерации, а другой сопровождает процедуру ввода — вывода данных. Такое решение позволило без дополнительных управляющих шин осуществлять переход от режима ожидания БЗУ к режиму обмена с минимальными временными задержками на инициализацию обмена.

В разработанном устройстве задержка на инициализацию составляет 500 нс, что вызывает необходимость увеличения длительности первого синхроимпульса по сравнению с последующими при работе на предельных скоростях обмена, достигающих 40 Мбод. Если период обмена данными превышает 500 нс, то единственным требованием к сопровождающим синхроимпульсам остается лишь обеспечение их минимально необходимой длительности, что упрощает протокол обмена. Опыт практического применения разработанного устройства показал, что оно достаточно просто в эксплуатации и по сравнению с контроллерами, использующими параллельный обмен или режим прямого доступа к памяти, позволяет более эффективно решать на микроЭВМ многие задачи, связанные с обработкой больших массивов однородных экспериментальных данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Якунин А. Г., Холупко Ю. Б. Сопряжение МПЗС с микроЭВМ // Робототехника и автоматизация производственных процессов.— Барнаул: Алтполитехинститут, 1983.
2. Госьков П. И., Якунин А. Г. Методы и средства автоматического контроля на основе систем ЭВМ — ПФВС // Оптические сканирующие устройства и приборы на их основе.— Барнаул: Алтполитехинститут, 1984.

*Поступило в редакцию 23 июля 1986 г.*

УДК 681.3.06

А. А. БЕКТАСОВ, А. И. ЕРЫШОВ, В. П. НЕДОЗРЕЛОВ,  
А. И. ПОПОВ  
(Новосибирск)

#### SWITA — СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

**Введение.** В СКБ НИ СО АН СССР развернута и успешно функционирует технологическая линия по проектированию печатных плат. Цель настоящей статьи — дать характеристику программного обеспечения, поддерживающего проектирование печатных плат на базе ЭВМ семейства СМ-4 с использованием цветного графического дисплея [1]. При создании системы были использованы результаты работ [2, 3].

Наибольший объем затрат на программное обеспечение системы составляют основные программные модули: создание и поддержка базы данных электрорадиоэлементов (библиотеки ЭРЭ), ввод описания принципиальных электрических схем, проектирование топологии печатных плат и сборочных чертежей, верификация, связь со средствами изготовления печатных плат.

**Библиотеки ЭРЭ.** Вся система поддерживается базой данных библиотек ЭРЭ. Библиотеки ЭРЭ содержат описания конструктивных параметров, определяющих габаритные размеры, графическое изображение, тип корпуса, функциональные характеристики элементов и т. п. Создание, пополнение и коррекция библиотек ЭРЭ возможны в режиме как символического описания данных, так и отображения графики данных на экране ЦГД.

Символьный режим описания библиотеки ЭРЭ позволяет определить данные непосредственно на языке описания атрибутов библиотеки ЭРЭ. Язык описания дает возможность представлять данные в виде графических примитивов типа линии, круга, окружности, квадрата, точки, графики существующих данных и т. п. а также в виде функциональных характеристик, относящихся к различным приложениям системы.

Графический режим описания библиотеки ЭРЭ оперирует отображением на экране ЦГД графических примитивов данных. Это позволяет пользователю наглядно и т. п. на поле проектирования, задание повторяющихся структур, анализ свободных входов и выходов.

Графическое конструирование принципиальных электрических схем ведется в интерактивном режиме на экране ЦГД. Наборы графических объектов, изображающих определенные элементы или группы элементов схемы, разнесены по инструментальным слоям, представленным разными цветами. Такие инструментальные слои в дискретном или плавущем режиме просматриваются на просвет относительно основного поля проектирования. Методом «указки» нужный элемент захватывается на инструментальном слое и переносится с заданной ориентацией на поле проектирования. Связи между элементами выполняются автоматически или вручную. Параллельно формируется таблица соединений.

**Проектирование топологии.** Проектирование топологии включает трассировку соединений согласно таблице соединений в заданном конструктиве и верификацию на замыкания и разрывы в цепях. Таблица соединений состоит из записей, определяющих последовательность координат соединяемых точек и размещение элементов на поле печатной платы. Конструктив описывает разъемы, шины, узлы и т. п. Исходные данные отображаются на дискретное рабочее поле в оперативной памяти и поле сохранения на внешней дисковой памяти. Программный модуль, выполняющий трассировку соединений, построен на основе модифицированного алгоритма Ли [3]. Трассы соединений строятся в специальном оперативном стеке, волна распространяется по дискретному рабочему полю. В процессе трассировки ее результаты отображаются на экране цветного графического дисплея. Процесс трассировки может быть в любой момент приостановлен или прерван по инициативе пользователя. В программном модуле определены различные режимы редактирования топологии: коррекция таблицы соединений, сдвиг и повороты элементов, рисование и удаление элементов, прокладка трасс, «оплавление» углов и т. п. Макросредства позволяют оперировать целыми группами графических объектов.

Трассы проводятся под углами, кратными  $45^\circ$ , дискретность прокладки трасс — до 0,25 мм. Габариты поля проектирования определяются размерами оперативной памяти ЭВМ.

**Связь со средствами изготовления печатных плат.** Система позволяет получать изображение печатной платы на любом плоском экране. Таким плоским экраном может быть рабочее поле графопроектировщика, фотопроектировщика, станков с ЧПУ. Результаты выполненного проектирования оформляются в виде конструкторской документации (эскиз топологии, схема компоновки элементов, сборочный чертеж, управляющие программы для станков с ЧПУ).

**Технические и программные средства.** Система ориентирована на следующие технические и программные средства.

1. Базовый вариант. ЭВМ семейства СМ-4 с оперативной памятью объемом 128 Кслов; дисковая операционная система реального времени; цветной графический дисплей.

2. Расширенный вариант. Аппаратные средства могут дополняться специальной матричной памятью размером, кратным 128 К (электронный диск), с прямым двух-адресным доступом к данным.

Для написания системы использовались языки программирования Макроасемблер и PL-11.

**Заключение.** Система находится на стадии опытной эксплуатации в СКБ НИИ СО АН СССР в течение года, по отзывам специалистов, работает эффективно и экономически выгодно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Графический дисплей растрового типа для систем двухкоординатного проектирования // Автометрия.— 1984.— № 4.
2. Талныкин Э. А. РЕД — графический редактор в системе проектирования печатных плат // Автометрия.— 1984.— № 5.
3. Меленхин В. А., Фризен Д. Г., Юрашанский Е. Г. Интерактивная система проектирования печатных плат // Автометрия.— 1982.— № 4.

*Поступило в редакцию 8 октября 1986 г.*