

3. Geyer J. M. Connection Routing Algorithm for Printed Circuit Boards.— IEEE Trans., 1971, vol. CT-18, p. 95—100.
4. Селяутин В. А. Машинное конструирование электронных устройств.— М.: Сов. радио, 1977.

Поступила в редакцию 28 августа 1981 г.

УДК 681.3.015 : 621.396.6.001.63

С. В. ГОРИН

(Челябинец)

## ДИСАП — ДИАЛогоВАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ САПР РЭА

Одной из широко применяемых графических систем общего назначения является система СМОГ [1]. Ее популярность объясняется удобством использования, богатым набором возможностей и простотой настройки на машинно-приборную конфигурацию. Существуют реализации СМОГ на различных ЭВМ и для разнообразных графических устройств. Легкость адаптации к графическим устройствам обусловлена выбором некоторого обобщенного графического устройства, с которым работает система [2]. В качестве такого устройства принят координатный графопостроитель непрерывного действия. Настройка на конкретный тип графопостроителя осуществляется одной подпрограммой и не затрагивает всей системы.

Однако подобная организация, эффективная для устройств, укладываемых в рамки обобщенного, становится тормозом при настройке системы на качественно отличные устройства. Так, например, создание на основе СМОГ математического обеспечения дисплея [3] потребовало существенной переделки всей системы (хотя и в сторону упрощения). Кроме того, при настройке СМОГ на новое устройство иногда приходится жертвовать его аппаратно реализуемыми возможностями (аппаратной генерацией символов, дуг, возможностью изображения разного типа линий и т. д.).

Потребности систем автоматизации проектирования (САПР), и в частности автоматизации проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), характеризуются наличием разнообразных выходных устройств (графопостроители, координатографы, сверлильные автоматы и, наконец, дисплеи, без которых невозможен эффективный диалог с САПР). Каждый класс устройств имеет к тому же достаточно широкую номенклатуру.

Неудобным для использования в системах автоматизации проектирования оказывается и принятый в СМОГ механизм процедурного обращения в языках программирования. Для САПР более естественна работа со структурами данных, требующая надстройки над средствами СМОГ.

Таким образом, создание ДИСАП вызвано желанием удовлетворить требования, предъявляемые САПР, и в то же время обеспечить по возможности большую преемственность со СМОГ, хорошо зарекомендовавшей себя в процессе эксплуатации.

Анализ графической информации САПР РЭА показал, что она может быть описана с помощью графических элементов. В ДИСАП принят конкретный набор графических элементов, включающий в себя, в частности, следующие графические примитивы: ТОЧКА, ОТРЕЗОК, ЛОМАНАЯ, ТРЕУГОЛЬНИК, ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНИК, ДУГА, ОКРУЖНОСТЬ, СИМВОЛ, ТЕКСТ, ЧИСЛО. Каждый примитив задается своим именем и параметрами, необходимыми для его отображения. Примитивы, описывающие треугольник, четырехугольник, окружность и текст, которые, в прин-

ципе, могут быть реализованы с помощью примитивов ЛОМАНАЯ, ДУГА и СИМВОЛ, введены для удобства использования и описания графической информации.

Кроме того, в системе применяются графические элементы специального вида, задающие определенные действия над графическими примитивами.

Графический элемент ЛИНИЯ задает тип линии в изображении следующего за ним элемента.

Графический элемент ПРЕОБРАЗОВАНИЕ вводит новую декартову систему координат, в которой изображаются все последующие графические элементы. Для отмены или изменения действующей декартовой системы необходимо снова употребить графический элемент ПРЕОБРАЗОВАНИЕ с соответствующими параметрами.

При работе с графической информацией в большинстве случаев необходимо иметь возможность оперировать совокупностями связанных графических элементов, возникающими, например, при описании радиоэлементов или фрагментов чертежей. Этим совокупностям, как правило, присваиваются имена для обеспечения ссылок и обмена с базой данных.

В дальнейшем поименованную совокупность графических элементов будем называть графическим модулем. Ссылка на графические модули производится по их именам с помощью графического элемента МОДУЛЬ. Средства для записи и выборки из базы данных представляются пользователю специальными программами и здесь не рассматриваются.

При выполнении ряда графических документов, например рисунков принципиальной схемы, сборочных чертежей, возникает необходимость дополнить графические модули идентифицирующими надписями, текст которых неизвестен в момент записи графического модуля в базу данных, зато известны их формат и место в реализации графического модуля. С помощью графического элемента НАДПИСЬ резервируется место, а сам текст будет задан в графическом элементе МОДУЛЬ. Таких надписей может быть несколько (для каждого из графических модулей); в этом случае подставляемые тексты задаются в порядке резервирования мест.

Подобный способ описания изображения с помощью графических элементов был опробован для выпуска сборочных чертежей [4] и показал хорошие результаты. Описание получается наглядным, а смысл и формат графических элементов легко усваиваются конструктором РЭА.

С помощью предлагаемого набора графических элементов можно описывать плоские изображения. Для САПР РЭА этому ограничению удовлетворяет большая часть графических документов. Однако представляет интерес развитие возможностей системы для работы с трехмерными объектами.

Применение графических элементов в качестве входного языка системы ДИСАП (помимо наглядности и удобства в работе) дает возможность более полно использовать аппаратные возможности графических устройств. Например, координатограф КПА-1200 имеет аппаратную возможность изображения дуг, а графопостроители серии ЕС позволяют аппаратно изображать символы. В этом случае соответствующие программные блоки, достаточно сложные для других устройств, элементарно реализуются.

Предлагаемый подход потребовал построения новой (по отношению к СМОГ) структуры программного обеспечения. Изменение структуры системы программ было необходимо и в связи с реализацией диалоговых средств, но при этом активно использовались имеющиеся в СМОГ подпрограммы.

Система ДИСАП состоит из управляющей подпрограммы МОНИТОР и набора канальных программ. Прикладная программа, обращаясь к МОНИТОРУ, передает ему графические элементы, подлежащие обработке, и имя устройства, с которым будет проводиться обмен.

МОНИТОР производит вызов и настройку соответствующей каналной программы, выбор и распознавание графических элементов. Графический элемент опознается по первым трем символам (т. е. существует возможность сокращенной записи элементов), после чего организуется обращение к соответствующей подпрограмме каналной программы. Эта подпрограмма в зависимости от возможностей устройства, которое она обслуживает, формирует соответствующую последовательность приказов. Выбор параметров графического элемента осуществляется с помощью централизованно предоставляемых МОНИТОРОМ средств. При формировании приказов устройству могут использоваться оформленные в виде подпрограммы программные средства, имевшиеся в СМОГ, например контроль выхода за размеры рабочего поля устройства или заданной области изображения, вычисление направлений элементарных приращений при изображении отрезков на устройствах без встроенного интерполятора, программное изображение символов, текстов и чисел, пересчет координат и т. д. Необходимость применения этих средств определяется при реализации каналной программы для конкретного устройства.

Заметим, что наличие достаточно полного набора подобных подпрограмм существенно упрощает написание конкретной каналной программы. Она представляет собой последовательность обращений к обслуживающим подпрограммам с минимальной обработкой промежуточных результатов. Подключение к ДИСАП нового устройства ненамного сложнее аналогичной операции в СМОГ, а в случае некоторых устройств может быть проще.

Наличие собственной программы для каждого устройства может привести к дублированию некоторых программных средств. Однако это относится только к внешней памяти и не является особо существенным. В оперативной памяти всегда находится программа минимально необходимого объема.

Таким образом, каналная программа состоит из набора подпрограмм, каждая из которых тем или иным образом реализует соответствующий ей графический элемент. Если на данном устройстве невозможна обработка этого элемента, он опускается или проводятся любые другие необходимые действия. При этом можно запросить вмешательства пользователя.

Если графический элемент не противоречит обслуживаемому устройству, он переводится в последовательность приказов устройству. Обработка приказов осуществляется через единую подпрограмму (немедленно либо после предварительного накопления). На данном уровне возможна буферизация результатов средствами МОНИТОРА. В этом случае объем информации на внешнем носителе превышает достигаемый в СМОГ [3]. Однако такой подход избавляет от необходимости создания громоздких программ распаковки, во многом дублирующих саму систему.

Описанная организация системы делает возможным подключение ее к неграфическим устройствам. Например, каналная программа алфавитно-цифровой печати может просто печатать графические элементы или выполнять их для этого устройства, опуская элементы типа ДУГА, ОКРУЖНОСТЬ либо негоризонтальные или невертикальные отрезки.

Возложение на каналную программу функций полного обслуживания устройства позволяет реализовать в системе графический диалог. Поскольку всякая каналная программа работает с графическими элементами, то и диалог ведется в терминах графических элементов. В ДИСАП реализуются два режима ведения диалога.

1. *Режим прикладной программы.* Прикладная программа сама организует диалог и редактирование, используя для этой цели средства, предоставляемые МОНИТОРОМ.

По запросу прикладной программы могут быть введены координаты точки, символ или текст, число. Способ ввода определяется каналной программой исходя из возможностей устройства. Прикладная программа

сообщает МОНИТОРУ, а тот, в свою очередь, каналной программе только тип вводимой информации. Средствами МОНИТОРА можно организовать ввод любого графического элемента. При этом МОНИТОРУ сообщается только имя элемента, и он сам организует последовательность запросов на ввод необходимых данных.

И наконец, МОНИТОР предоставляет прикладной программе средства для обработки совокупностей графических элементов. Существует возможность упорядочить графические элементы так, чтобы их обработка происходила с минимальным холостым перемещением. Можно выделить на особое место, задаваемое прикладной программой, графические элементы, обладающие некоторыми свойствами: толщиной, определенной координатой и т. д. Элементы можно выделять, уничтожая или оставляя без изменения их оригиналы в исходной совокупности графических элементов. Существует возможность поместить любой набор графических элементов в обрабатываемую совокупность.

2. *Режим редактирования МОНИТОРА.* Прикладная программа передает МОНИТОРУ совокупность графических элементов, которая подлежит редактированию. Все приказы на редактирование передаются МОНИТОРУ пользователем через диалоговое устройство, обслуживаемое каналной программой. Способ ввода приказов и данных полностью определяется каналной программой в соответствии с возможностями устройства. Например, это могут быть директивы и текстовые описания графических элементов для алфавитно-цифровых дисплеев или коды функциональной клавиатуры и графические изображения для графических дисплеев.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горин С. В., Дворжец В. И., Дебелов В. А., Куртуков А. Я. Структура СМОГ БЭСМ-6.— В кн.: Машинная графика и ее применение: Сб. науч. трудов/Под ред. Ю. А. Кузнецова. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1974.
2. Дебелов В. А. Система управления графическим выводом.— В кн.: Машинная графика и ее применение: Сб. науч. трудов/Под ред. А. М. Мацокина. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1979.
3. Горин С. В., Дворжец В. И. СМО дисплея для М-222.— В кн.: Машинная графика и ее применение: Сб. науч. трудов/Под ред. Ю. А. Кузнецова. Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1974.
4. Горин С. В., Егоров А. М. Система программ для автоматизированного выпуска сборочных чертежей.— Обмен опытом в радиопромышленности, 1981, вып. 2-3.

*Поступила в редакцию 16 октября 1981 г.*