

посредственного ввода координат левого верхнего угла; при отображении окон в области вывода экрана выполняется масштабирование. Атрибуты конструктивов вводятся (корректируются) в текстовых окнах, создаваемых в графическом режиме. Предусмотрено отображение части атрибутов в окнах сети. На рис. 3 представлен образ экрана во время интерактивной корректировки ПГИИ.

Гибкость системы и отсутствие существенных ограничений на размер объектов достигаются за счет динамического создания описателей элементов сети, быстрый доступ к которым выполняется посредством матрицы указателей; ячейки матрицы соответствуют узлам решетки.

Система реализована на IBM — совместимой ПЭВМ в среде операционной системы MS — DOS на языке программирования Си и в настоящее время находится в опытной эксплуатации на предприятии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слепцов А. П., Юрасов А. А. Автоматизация проектирования вычислительных систем гибких автоматизированных производств/Под ред. Б. Н. Малиновского.— Киев: Техника, 1986.
2. Котов В. Е. Сети Петри.— М.: Наука, 1984.
3. Горбатов В. А., Кафаров В. В., Павлов П. Г. Логическое управление технологическими процессами.— М.: Энергия, 1978.

*Поступила в редакцию 16 января 1990 г.*

УДК 681.3.015 : 621.396.6.001.63

**С. В. ГОРИН**  
(Челябинск)

#### ЛИНГВИСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Описываемая САПР ПРИЗМА-2 ориентирована на автоматизированное формирование и выпуск конструкторско-технологической документации печатных плат. Система обеспечивает кодирование эскиза платы, формирование и выпуск комплекта преимущественно графических документов, а также получение управляющих перфолент для станков с ЧПУ.

Существует множество подобных систем, различающихся уровнем сервиса и используемыми техническими средствами. В данной работе остановимся на способах представления информации.

Как следует из назначения системы, центральным понятием в ней является документ. Применительно к печатным платам это спецификация, сборочный чертеж, фотошаблон и т. п. Ограничимся рассмотрением графических документов. В рамках системы документ создается, редактируется, выпускается и передается для изготовления объекта проектирования.

Любой графический документ может быть описан совокупностью графических примитивов типа точка и ломаная, текст, дуга. На этом основан первый из существующих подходов к представлению формируемых документов. Каждый из документов комплекта описывается на некотором языке, базирующемся на графических примитивах, и документация представляется в виде набора описаний готовых документов.

Примером данного языка может служить язык представления графической и текстовой информации (ЯГТИ). Подобный язык был положен в основу графической компоненты первой версии описываемой системы [1].

При данном подходе легко получается твердая копия любого из документов, поскольку требуется лишь отобразить совокупность примити-

вов. В то же время в этом случае теряется структура документа, и это сказывается на возможностях корректировки. Изменение информации, принадлежащей нескольким документам, требует редактирования всех этих документов. Кроме того, не исключена возможность некомплектного проведения корректировок.

Второй подход основан на том, что каждый документ отражает некоторую совокупность характеристик объекта проектирования. Определив полный набор характеристик, можно уверенно утверждать, что из них будет сформирован любой документ. Примером такого подхода служит архивный набор данных САПР ПРАМ-5.3. Он содержит информацию, достаточную для получения полного комплекта документов. При таком подходе легко решается задача комплектной корректировки документов. Изменения, производимые над требующими корректировки характеристиками в наборе, автоматически отражаются во всех содержащих их документах. На этапе получения документов каждый из них формируется своей программой, определяющей, из каких характеристик и каким образом он составляется. Если требуется модифицировать вид документа или получить новый, то необходимо модифицировать или разработать программу его формирования. Это требует определенной квалификации и не всегда возможно без привлечения авторов системы.

В системе ПРИЗМА-2 предлагается организация данных, позволяющая избежать недостатков приведенных подходов и обеспечить пользователю привычный режим работы.

Объект проектирования представлен в системе комплектом документов. Каждый документ имеет собственное описание, и в этом смысле есть аналогия с первым подходом. В то же время язык, с помощью которого описывается документ, обеспечивает иерархичность информации, присутствующую централизованному хранению характеристик объекта проектирования.

Суть метода заключается в том, что информация, принадлежащая разным документам, выделяется из их описаний и записывается единой. В описаниях размещаются только ссылки. При редактировании какого-либо документа эта информация может измениться, что автоматически отразится во всех ссылающихся на нее документах.

Рассмотрим графический документ. Он содержит как уникальную, присущую только ему информацию, так и входящую в другие документы.

Уникальная информация может быть двух видов: определенная, т. е. известная на момент составления описания, и оперативная, задаваемая непосредственно при получении документа. Примером оперативной информации служит дата выпуска или фамилия оператора.

Информация, содержащаяся в ряде документов, может включать описание библиотечных элементов и информацию общего применения.

Информация общего применения не обязательно графическая и чаще всего характеризует объект проектирования целиком. Это может быть децимальный номер, наименование объекта проектирования и т. п.

В то же время существуют данные, общие для небольшой группы из комплекта документов, например координаты переходных отверстий. Как правило, это части графических документов, создаваемые в процессе проектирования конкретного объекта и принадлежащие только ему. Такой вид информации можно считать графическим документом, рассмотрев на него все приведенные замечания по составу.

Описания библиотечных элементов содержат информацию об используемой элементной базе: электрорадиоэлементах, конструктивах и т. п. Подобные описания, общие для многих изделий, принято хранить в библиотеках.

Документ представляет собой совокупность приведенных выше видов информации. Различия между этими видами достаточно условны и могут устанавливаться для каждого приложения или даже объекта проектирования. Принадлежность к тому или иному виду определяет место размещения и способ получения данных.

Определенная, т. е. известная на момент составления описания, информация может быть задана графическими примитивами непосредственно в описании документа.

Оперативная информация или информация общего применения чаще всего представляет собой часть некоторого графического примитива (хотя в общем случае это может быть совокупность примитивов). Например, десятичный номер есть часть примитива, размещающего текст.

Различия заключаются в том, что оперативная информация запрашивается у пользователя в момент выпуска документа, а информация общего применения выбирается по ее имени из некоторого заранее созданного файла.

Общую информацию и описания библиотечных элементов можно рассматривать как самостоятельные документы. Различие в том, что описание библиотечных элементов создается и хранится централизованно. Кроме того, здесь разрешено использовать только примитивы.

Общая для нескольких документов информация обычно создается только для данного объекта проектирования. Для общей информации допускается использование всех возможных средств.

На основе анализа графического документа в системе ПРИЗМА-2 предложены два уровня языков.

Язык графических образов (ЯГО) служит для описания определенной информации. ЯГО состоит из графических примитивов и элементов действия.

Графическими примитивами являются: ломаная, точка, область, дуга окружности и эллипса, строка текста (задаваемая своим началом или центром), резервирование места и вида идентифицирующей надписи. Последний примитив аналогичен строке текста с учетом того, что сама строка в нем не определяется. Он используется в описании подкартинок. Текст надписи будет определен при ссылке на подкартинку. Этот примитив может быть двух видов: фиксированной и изменяемой ориентации.

Фиксированная ориентация означает, что надпись закреплена относительно подкартинки и будет поворачиваться вместе с ней, если при ссылке задан поворот.

При задании размещения надписи изменяемой ориентации указывается ее центр. Текст размещается симметрично относительно этой точки так, чтобы он был записан горизонтально слева направо или вертикально снизу вверх в зависимости от поворота подкартинки при ссылке.

Элементами действия задаются ссылки на подкартинки, системы координат, признак размерной линии, вид линии, наклон и шаг штриховки при заполнении области.

Язык описания документов (ЯЗОД) является языком верхнего уровня по отношению к ЯГО. ЯЗОД включает: элементы ЯГО; запросы оперативной информации у пользователя; ссылки на описания библиотечных элементов; ссылки на информацию общего применения; ссылки на ЯЗОД-описания.

По правилам ЯЗОД-описание может состоять только из элементов ЯГО. Это эквивалентно первому подходу — фиксированному описанию документа.

Наличие многообразных ссылок позволяет организовать сложные иерархические структуры. Если составить описание только из ссылок, то его можно интерпретировать как программу формирования документа из набора данных аналогично второму подходу. Важно, что описание легко составляется пользователем и не требует навыков программирования. Дело ограничивается указанием местоположения компонент набора на поле документа.

ЯЗОД-описание каждого документа представляет собой отдельный файл. Имя файла по возможности отражает вид описываемого документа.

Элементы ЯГО записываются без каких-либо изменений. Запросы и ссылки выделяются специальным символом-разделителем, за которым следует идентификатор. При запросе оперативной информации в описа-

ние документа помещается текст запроса, который будет выведен на терминал, а на его место помещен ответ.

В случае ссылки на описания библиотечных элементов задаются имена файлов, содержащих перечень элементов, координаты и вариант установок, а также определяется имя требуемого атрибута.

Имя атрибута соответствует образу элемента, например его виду на сборочном чертеже или принципиальной схеме.

Перечень элементов задает соответствие позиционных обозначений наименованиям. Существенно, что наименования записываются точно так, как в конструкторской документации. Полное наименование элемента определяет все его характеристики и поэтому является избыточным по отношению к отдельным из них. Например, изображение резистора не зависит от номинала. На уровне библиотеки осуществляется совмещение неизбыточного хранения и полного наименования.

Этот файл должен быть уникальным для совокупности документов данного объекта проектирования. Имя файла определяется в описании документа. В то же время может существовать информация, общая для нескольких объектов. Поэтому в файле общего применения может находиться ссылка на аналогичный файл высшего уровня, т. е. разрешена иерархия файлов.

Ссылка на ЯЗОД-описание задается принятой в операционной системе спецификацией соответствующего файла.

Обработка описания документа заключается в реализации всех ссылок и запросов. В результате получается описание документа на ЯГО. Это описание еще доступно символьным редакторам.

Символьное представление не очень удобно для обработки, тем более что описание документа часто отображается на несколько различных устройств (например, информация о печатной плате может выводиться на дисплей, графопроектор, координатограф и сверляльный автомат). Поэтому целесообразно переводить описание в более удобное для обработки представление. В качестве такого в системе выбран метафайл CGM (стандарт ISO-8632). Он имеет двоичное представление и может быть оперативно отображен на конкретное техническое средство.

Документ, представленный метафайлом, может быть выведен на графический дисплей и отредактирован. Результаты редакции необходимо отразить во всех верхних описаниях вплоть до ЯЗОД. При реализации этого требования возникает проблема однозначного отображения неструктурированного метафайла на ЯЗОД-описание, имеющее структуру и содержащее части, не подлежащие редактированию (например, библиотечные элементы).

Эту проблему удалось решить вводом оглавления метафайла и признаков редактируемости. В рамках системы ПРИЗМА-2 обеспечено использование (без нарушения стандарта) метафайла CGM как описания документа, ориентированного на весь спектр конечных технических средств САПР [2].

Как уже отмечалось, система создавалась для проектирования печатных плат. Однако положенные в ее основу принципы обладают достаточной общностью, и система может быть использована для формирования и выпуска различных графических документов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горин С. В. ДИСАП — диалоговая графическая система для САПР РЭА // Автоматрия. — 1982. — № 4.
2. Горин С. В., Кошечев Л. Н. Использование стандарта CGM в САПР печатных плат // V Всесоюз. конф. «Машинная графика-89». — Новосибирск: ИТМиВТ, 1989.

*Поступила в редакцию 17 января 1990 г.*