

В графическом режиме текстовый ввод невозможен. Каждая кнопка клавиатуры (кроме кнопок локального управления) инициирует формирование и передачу графического пакета. Пакет включает код нажатой кнопки, координаты локатора на виртуальном поле, а также служебную информацию, недоступную пользователю. Кнопки локального управления (около десяти) используются для перемещения курсора и экрана по виртуальному полю, масштабирования и управления приоритетами.

Применяемая система запросов содержит более 40 различных запросов. Сюда входят запросы, переводящие дисплей в текстовый или графический режим, а также запрос на ввод графической информации.

Имеется группа запросов, вызывающих изменение содержимого памяти, а следовательно, и изображений. К этим запросам относятся очистка памяти, очистка карты памяти, рисование точки, линии, прямоугольника, круга, окружности, линии заданной толщины.

Остальные запросы позволяют установить размер виртуального поля, управлять масштабом, приоритетами, включать и выключать отображение отдельных карт, управлять положением локатора и экрана на виртуальном поле.

Заключение. К настоящему времени существует более десяти оснащенных дисплеем рабочих мест, используемых для разводки печатных плат. Опыт эксплуатации (с лета 1982 г.) показал высокую эффективность дисплея в данной задаче. Кроме того, дисплеи используются как универсальные графические устройства для диалоговой двумерной графики, а также в системе автоматизации типографского набора для предварительного контроля полиграфического оформления текста и в некоторых других задачах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Машинный синтез визуальной обстановки.— Автоматика, 1984, № 4.
2. Талов И. Л. и др. Мини- и микро-ЭВМ и специпроцессоры семейства «Электроника». — В кн.: Тез. докл. Всесоюз. конф. «Диалог-82». Пушкино, 1982.
3. Талов И. Л. и др. Новая высокопроизводительная мини-ЭВМ «Электроника-79» и эффективность ее использования в системах схемотехнического проектирования БИС.— УСиМ, 1982, № 6.

Поступила в редакцию 23 января 1984 г.

УДК 681.3.06

Э. А. ТАЛНЫКИН

(Новосибирск)

СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ЭВМ СЕМЕЙСТВА «ЭЛЕКТРОНИКА»

Современная технология производства печатных плат характеризуется значительной автоматизацией процессов изготовления за счет использования специализированного оборудования с числовым программным управлением (прежде всего для построения фотошаблонов и сверления отверстий). Высокое разрешение координатных систем и существенная универсальность оборудования, достигаемая путем упрощения базовых возможностей и расширения средств программного управления, делают практически невозможной ручную подготовку программ без применения ЭВМ.

В Институте автоматизации и электротехники СО АН СССР развернута система проектирования печатных плат на базе ЭВМ семейства «Электроника» и СМ-4. Данная работа выполнялась в рамках задачи разработки комплекса оборудования для машинного синтеза визуальной информации [1]. К концу 1982 г. был обеспечен топологический уровень проектирования. Основу программных средств системы составляют графический редактор, базирующийся на цветном дисплее [2], и универсальные (станковонезависимые) постпроцессоры, построенные согласно излагаемым ниже концепциям. Кроме того, имеются программы манипуляции печатными платами и их фрагментами (мультиплицирование, допустимые линейные преобразования, систематические замены и т. п.), взаимного преобразования различных форматов представлений, а также многочисленные сервисные программы. В данной работе не будет детально обсуждаться состав системы и структура ее компонентов. Цель настоящей статьи — разъяснить основные понятия и концепции, которые, на наш взгляд, являются более фундаментальными, чем технические проблемы проектирования и реализации конкретных элементов программного обеспечения, т. е. представить «конструкторское видение» топологического уровня системы проектирования.

Введем некоторые понятия; при этом понятия, относящиеся собственно к печатной плате и ее информационным образам, обозначим одинаковыми терминами (смысл которых будет ясен из контекста).

Конструкторский слайд — это набор простейших «строительных» элементов, с помощью которых конструируется печатная плата (набор инструментов конструктора). Конструкторский слайд не является компонентом системы: он создается самими конструкторами; система же обеспечивает язык для описания слайдов и средства манипуляции ими. Элементы конструкторского слайда называются масками. В языке описания слайдов каждая маска может строиться как «картинка» из таких элементов, как круг, квадрат, прямоугольник, окружность, дуга и т. п., а также из отрезков прямых линий определенной толщины.

Система координат. Печатная плата строится в положительном квадранте не дискретизированной декартовой системы координат. При обработке на конкретном оборудовании происходит дискретизация с абсолютной погрешностью, не превышающей 12,5 мкм (если станок допускает такую точность). На станках с более низким разрешением при конструировании должны быть выдержаны технологические ограничения, иначе погрешность может достигнуть половины координатного разрешения.

Сетка. На поле печатной платы накладывается воображаемая прямоугольная сетка, определяемая шагом, а также координатами X , Y одного из ее узлов (рис. 1). Все три параметра сетки не являются дискретными; например, можно задать сетку с шагом 1,2713 мм и координатами привязки 10,7; 5312. В процессе конструирования печатной платы элементы автоматически приводятся к ближайшим узлам имеющейся на данный момент сетки. Таким образом, благодаря сетке соблюдаются технологические ограничения, связанные с координатным разрешением производящего оборудования. Разные фрагменты печатной платы могут разрабатываться с разными сетками, например, можно кодировать плату в метрической системе, но с дюймовым разъемом.

Слой. Печатная плата может быть многослойной. Слои нумеруются числами 1, 2, ..., 15. Общие элементы помечаются слоем 0.

Печатный элемент. Под печатным элементом понимается элемент конструкторского слайда, размещенный в определенных координатах на печатной плате в заданном слое. Печатный элемент называется обобщенным, если он размещается на всех слоях печатной платы. При реализации на технологическом оборудовании печатный элемент «впечатывается»

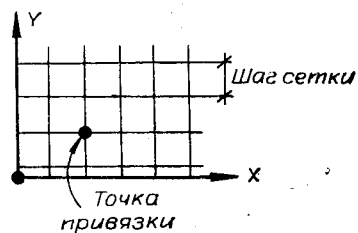


Рис. 1.

вается» с помощью определенного инструмента станка (фотоностроителя) либо «вырисовывается» при отсутствии такого.

Проводник представляет собой след от элемента конструкторского слайда, полученный в результате его перемещения из одной позиции в другую. Проводники также могут быть общими для всех слоев печатной платы.

Конструкция печатной платы. Под конструкцией платы понимается информационная структура, описывающая, какие печатные элементы и проводники и на каких слоях входят в состав печатной платы. Кроме проводников и печатных элементов, плата может включать и другие объекты, например, текстовые надписи, технологические реперы и т. п. Конструкция печатной платы является наиболее полной и достоверной информацией для ее изготовления, а также предметом архивизации. В вычислительной системе печатные платы хранятся в виде файлов.

Технологический слайд определяет реальный набор инструментов производящего оборудования и служит для привязки слайда конструктора к текущим возможностям станков. Это позволяет изготавливать печатную плату на разных станках или на станке со сменным набором инструментов. Такой подход обеспечивает совместимость предлагаемой системы с другими системами проектирования: для этого достаточно набор масок, используемый при конструировании печатной платы, задать в виде конструкторского слайда. Для описания технологического слайда используется тот же язык, что и для слайда конструктора. Элементы технологического слайда называются инструментами.

Постпроцессоры. Постпроцессорами системы проектирования являются программные модули, назначение которых состоит в получении программ управления станками с ЧПУ для производства печатных плат. Постпроцессоры могут быть индивидуальными (для каждого конкретного станка) или универсальными. Наиболее типичен случай, когда два различных станка имеют одинаковые возможности, но разную систему управляющих команд. Тогда постпроцессор распадается на универсальный модуль и индивидуальные модули кодировки конкретной системы команд. Универсальный модуль обычно представляет собой достаточно сложную программу, а модули кодировки тривиальны. Например, универсальный постпроцессор для управления сверлением отверстий группирует отверстия по размерам (диаметру сверла), а внутри каждой группы сортирует их, минимизируя суммарные перемещения координатной системы станка. Универсальный постпроцессор для фотоностроителя выполняет более сложную работу. Прежде всего производится прорисовка фотошаблонов по слоям. Далее, если необходимо напечатать некоторую маску, постпроцессор сравнивает описание этой маски в слайде конструктора со всеми инструментами технологического слайда и при наличии совпадения дает команду «впечатать» найденный инструмент. При отсутствии нужного инструмента маска «разрисовывается» подходящими инструментами (это возможно, если в наборе станка есть достаточно тонкие инструменты). Проводник всегда обрабатывается с помощью одного или нескольких (когда нет соответствующего инструмента) движений. В результате работы первой фазы постпроцессора получается набор «точек» и «отрезков». Далее осуществляем оптимизацию, которая сводится к минимизации холостых переходов координатной системы, т. е. движений, при которых станок не оставляет следа. Необходимо учитывать также время, требуемое для смены инструментов.

Язык описания слайдов. Описания слайдов хранятся в виде текстовых файлов, т. е. могут подготавливаться и модифицироваться с помощью текстового редактора. Они представляют собой последовательность описаний масок (инструментов для конструкторского слайда). Имеются следующие форматы описания масок:

1. МАСКА N КРУГ D СВЕРЛО DR
2. МАСКА N КВАДРАТ S СВЕРЛО DR

3. МАСКА N ПРЯМОУГОЛЬНИК X:Y СДВИГ DX:DY СВЕРЛО DR

4. МАСКА N КАРТИНКА СВЕРЛО DR

Здесь N — номер маски; D — диаметр круга; DR — диаметр сверла; S — сторона квадрата; X, Y — стороны прямоугольника; DX, DY — смещение прямоугольника относительно базовой точки. Номер маски записывается целым числом, а остальные параметры — рациональными числами. Служебные слова в описании слайда могут сокращаться до тех пор, пока написание однозначно. В тех масках, которые не сверлятся, описание сверла опускается. Описание картинки следует за описанием маски формата 4 и использует язык, идеи которого изложены в [3]. Картинка описывается в системе координат с началом в базовой точке маски, т. е. той точке, которая при печати попадет в точку размещения. Описание ориентировано на некоторый виртуальный станок, который, перемещаясь по двухкоординатному полю, может оставлять след от перемещения. Имеются следующие примитивы: Dp — установить толщину используемой для рисования линии, равной p ; Cr — изобразить в текущей точке круг диаметром p ; $Bx:y$ — изобразить прямоугольник со сторонами x, y и левым нижним углом в текущей точке; Xp — переместиться параллельно оси X в точку с X -координатой p , Yp — параллельно оси Y в точку с Y -координатой p ; $\pm Xp$ — переместиться параллельно оси X на p в положительном или отрицательном направлении, $\pm Yp$ — параллельно оси Y на p в положительном или отрицательном направлении; (— отключить рисование;) — включить рисование; [— отключить движение и запомнить точку;] — реализовать отключенное движение по прямой.

Приведем пример конструкторского слайда, некоторые маски которого изображены на рис. 2.

МАСКА 7 КРУГ 0.3

МАСКА 100 КАРТИНКА

$D0.1 (X0 Y-2)+X4$

$(Y-2 X0)+Y4$

$(X1 Y0)[+Y1-X1] [-Y1-X1]$

$[-Y1+X1] [+Y1+X1]$

МАСКА 101 КАРТИНКА

$D0.5 (-X1-Y1)+X2+Y2-X2-Y2$

МАСКА 102 КАРТИНКА

$(-X1-Y1) C0.6 (+X2)$

$C0.6 (+Y2)$

$C0.6 (-X2)$

$C0.6$

МАСКА 10 ПРЯМОУГОЛЬНИК 1:2 СДВИГ 0.5:0.4

Генерация текстов. Текстовая информация всегда необходима на внешних слоях печатной платы для различного рода идентификации (навесных элементов, рядов и колонок установочных позиций и т. п.), а также для надписей. Конструктор может создавать текстовые надписи, вырисовывая их тонким проводником в достаточно мелкой сетке. Здесь



Маска 100

Маска 101

Маска 102

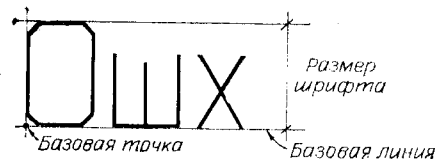


Рис. 3.

Рис. 2.

при редактировании приходится иметь дело с отдельными элементами символа, что достаточно сложно. Другой способ состоит в создании масок с изображениями необходимых знаков и использовании их как печатных элементов. В этом случае редактирование можно проводить на уровне отдельных знаков средствами графического редактора. В системе есть возможность работать с текстовыми надписями как со строками. Для задания строки нужно знать базовую точку ее первого символа, направление (вверх, вниз, влево, вправо), размер символов, слой и собственно текст, который вводится и редактируется как алфавитно-цифровая строка. Для применения текстового генератора надо заготовить набор масок с изображениями всех необходимых знаков (рис. 3). Единственное, что здесь дополнительно требуется от маски, — наличие в конце описания картинка холостого перехода в позицию базовой точки следующего знака. Это позволяет генерировать шрифты с переменной шириной знаков. Маску, подготовленную для текстового генератора, можно использовать и как печатный элемент.

Как сообщалось выше, описанная система возникла и разрабатывается в рамках определенной задачи. Тем не менее, основное требование, которое мы старались выполнить, — это создание универсальной, легко воспроизводимой и базирующейся на серийном отечественном оборудовании системы проектирования печатных плат. В настоящее время ведутся работы по переходу на логический уровень проектирования. В заключение хочется отметить, что отдельные решения при определении принципов построения системы были приняты под влиянием обсуждений с В. А. Мелешихиным, Д. Г. Фризенем и Е. Г. Юрашанским.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Машинный синтез визуальной обстановки. — Автоматрия, 1984, № 4.
2. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Графический дисплей растрового типа для систем двухкоординатного проектирования. — Там же.
3. Песляк П. М., Талныкин Э. А. Использование средств макрогенерации в машинной графике. — В кн.: Системы автоматизации научных исследований. Новосибирск: ИЛиЭ СО АН СССР, 1976.

Поступила в редакцию 23 января 1984 г.

УДК 681.327.22

В. С. ЯКУШЕВ
(Новосибирск)

ЦВЕТНОЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ КАМАК-ДИСПЛЕЙ

КАМАК-дисплей (т. е. устройства, в которых отображение информации осуществляется на базе стандартных телевизионных мониторов или бытовых телевизионных приемников, а управление — с помощью аппаратуры КАМАК) находят широкое применение в автоматизированных системах различного назначения. Это объясняется, с одной стороны, высоким уровнем их унификации и экономичностью, а с другой — достаточно универсальными возможностями, предоставляемыми такими устройствами оператору. Информация о разработках КАМАК-дисплеев имеется, например, в [1—3].

Целью данного сообщения является описание блока управления цветным телевизионным дисплеем (модуль КАМАК «Привод цветного монитора»), который удовлетворяет следующим основным требованиям: формат кадра 384×256 точек; независимость процессов отображения содержимого памяти на экран и записи в память новой информации; незави-