

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

5299 / 2-80

3/41-80

18-80-508

В.А.Владимиров, Г.А.Сухомлинов,
В.А.Циткульский

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ГРАФОПОСТРОИТЕЛИ
СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАТ
ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

1980

ВВЕДЕНИЕ

Графическое представление результатов является общепринятым методом при анализе материалов различных исследований. Особое значение графические методы приобретают в системах автоматизированного проектирования и изготовления плат печатного монтажа. Эти системы позволяют описывать принципиальные схемы блоков на формализованном языке, с помощью ЭВМ вести разработку топологии платы печатного монтажа и осуществлять ее изготовление на полуавтоматических исполнительных механизмах. Одним из основных итоговых документов работы ЭВМ является графический образ топологии платы печатного монтажа, получаемый в процессе вывода результатов машинного проектирования из ЭВМ на тот или иной тип графопостроителей.

В данной работе рассматриваются некоторые вопросы разработки и использования быстродействующих графопостроителей для систем автоматизированного проектирования плат печатного монтажа.

Большинство современных систем автоматизированного проектирования /САПР/ и изготовления плат печатного монтажа представляют собой развитые комплексы, состоящие из универсальных ЭВМ и технологических исполнительных полуавтоматических механизмов, способные при минимальном участии человека выполнять все работы по проектированию и изготовлению печатной платы. Множество технологических критериев, которые учитываются программными системами ЭВМ при разработке образа топологии печатной платы, не уменьшают роли конструктора-технолога, ведущего разработку платы. Конструктору необходимо анализировать в целом результаты полученного решения и, руководствуясь своими обобщающими критериями, направлять ход машинного проектирования.

Длительная практика использования в Лаборатории нейтронной физики САПР для двухсторонних плат печатного монтажа /ДПП/ показала целесообразность разбиения всего процесса проектирования на ряд последовательных этапов. В конце каждого ЭВМ предоставляет конструктору материалы, позволяющие корректировать ход дальнейшего машинного проектирования с учетом технологических возможностей оборудования по изготовлению ДПП. Оперативность принятия решения на начальном этапе проектирования обуславливается зачастую скоростью получения от ЭВМ полного

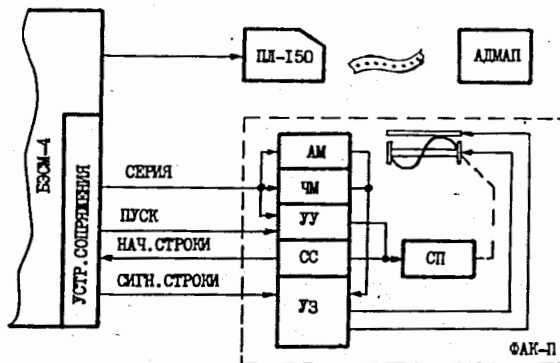


Рис.1. Блок-схема связей графопостроителя ФАК-П с ЭВМ БЭСМ-4: АМ - амплитудный модулятор; ЧМ - частотный модулятор; УУ - устройство управления; СС - схема сравнения; УЗ - усилитель записи; СП - схема привода.

графического образа печатной платы. Возможность увеличения масштаба изображения и многоцветное восприятие топологии ДПП на заключительных этапах проверки и корректировки машинного решения оказывают весьма существенное влияние на качество изготавливаемой платы.

Для оперативного получения графической информации от ЭВМ выводное рисующее устройство необходимо непосредственно связывать с вычислительной машиной для исключения работы с промежуточными носителями, при этом оно должно быть высокоскоростным и иметь достаточно высокое разрешение, быть постоянно готовым к работе и требовать минимальных затрат на подготовку к работе и обслуживание его со стороны операторского персонала ЭВМ. К разряду устройств, которые по своим техническим характеристикам удовлетворяют условиям работы в САПР на начальных этапах проектирования ДПП на вычислительных машинах, можно отнести графопостроители с механической растровой разверткой изображения.

На рис.1 приведена блок-схема связей графопостроителя типа ФАК-П с ЭВМ

БЭСМ-4 /ЛНФ/. В этом устройстве для построения изображения используется рулонная электрохимическая бумага шириной 420 мм при длине рулона около 10 м^{1/1}. Диаметр единичных растровых

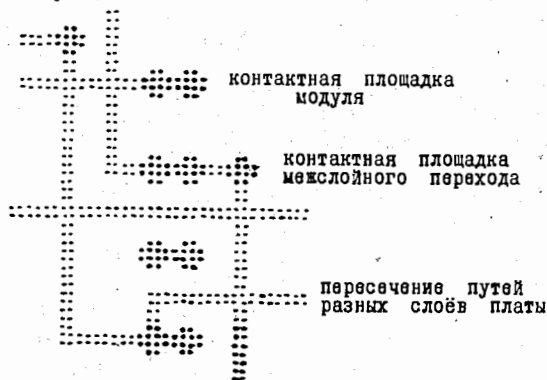


Рис.2. Построение изображения пересечения или поворота путей, контактных площадок межслойных переходов и модулей.

точек, из которых строится изображение, не превышает $0,1 \div 0,15$ мм. Элемент изображения ДПП, соответствующий одному конструктивному шагу платы, строится из микрорастра 4×4 единичных точек. Как было показано в работе ^{2/}, этого достаточно для четкого изображения пересечения или поворота путей, контактных площадок межслойных переходов и модулей /рис.2/. Ширина и разрешающая способность бумаги допускают изображение образа платы печатного монтажа с размерами по горизонтали до 240 конструктивных шагов. Достоинством устройства ФАК-П является высокое быстродействие и то, что время построения изображения не зависит от плотности топологического рисунка платы. Так, для вывода из ЭВМ совмещенного изображения образа ДПП платы КАМАК с размерами рабочего поля 180×127 конструктивных шагов достаточно 5 мин.

Определенным недостатком устройств типа ФАК-П является неравномерная усадка электрохимической бумаги при высыхании. Однако для анализа и выбора дальнейшего хода проектирования ДПП на ЭВМ конструктору достаточно иметь общую картину полученного решения задачи, и на этих этапах его мало волнует, насколько геометрически точно выдержаны линейные размеры образа печатной платы.

На заключительном этапе проектирования, когда с помощью ЭВМ найдено удовлетворительное решение конструктивного выполнения ДПП и выведены перфоленты для управления исполнительными полуавтоматическими механизмами, перед конструктором встают задачи контроля и обеспечения надежного и качественного изготовления платы. Основой технологической документации на этих этапах являются чертежи печатной платы с цветным разделением элементов, относящихся к разделенным слоям плат печатного монтажа в увеличенном масштабе.

Практика применения для этих целей исполнительных полуавтоматов типа АDМАР-II показала малую эффективность такого подхода в первую очередь из-за больших затрат времени, составляющих $6 \div 8$ ч, на рисование платы КАМАК средней плотности. Чтобы обеспечить быструю подготовку технологической документации, был разработан скоростной графический имитатор /двухкоординатный регистрирующий графопостроитель на шаговых двигателях - ДРПШ/, совместимый по системе команд с полуавтоматами типа АDМАР-II и обеспечивающий многоцветное изображение в увеличенном масштабе конструктивных элементов платы. Помимо исполнения команд рисования, в схемах имитаторов предусмотрена определенная реакция на такие команды, как сверление или управление фотоголовкой. Таким образом, одновременно с получением технологического чертежа с нанесенными в реальных размерах контактными площадками модулей и переходов, соединитель-

ными путями и цветными метками мест сверления платы выполняется полный контроль управляющих перфолент. Возможность увеличения масштаба изображения позволяет технологу отметить участки платы, требующие в дальнейшем ручной корректировки, нанести необходимые надписи и т.д. Быстродействие построителя в настоящее время определяется в основном способностью пишущего узла воспроизвести без разрывов длинную ломаную линию, что достигается за счет использования в приводе ДРПШ высокоскоростных и достаточно мощных шаговых двигателей. Блок-схема графического имитатора приведена на рис.3.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЭВМ БЭСМ-4 С ФАК-П

Графическое устройство ФАК-П широко используется для приема по телеграфным линиям связи различных фототелеграфных изображений. Для работы с ЭВМ в схемы ФАК-П были внесены незначительные изменения, обеспечившие дистанционное управление операциями пуска и останова устройства, приема бита информации от ЭВМ без его декодирования. На основе этих изменений в ЭВМ были выведены сигналы "Начало строки" /НС/ и тактовый импульс внутреннего стабилизированного генератора, необходимые для синхронизации работы с ЭВМ.

Устройство управления /УУ/ ФАК-П введено в схемы ЭВМ БЭСМ-4 как один из блоков процессора. Стандартная подпрограмма работы с ФАК-П обеспечивает включение устройства, прерывание цикла ожидания при поступлении сигнала НС и выдачу в устройство очередного бита данных по сигналам синхронизации. Подпрограмма рассчитана на циклическую выдачу 16 45-разрядных слов ЭВМ БЭСМ-4 по каждому сигналу НС, что позволяет иметь в строке 720 растровых точек с шагом около 0,5 мм. Количество строк вывода подпрограммой не ограничивается. Автоматическое окончание вывода данных на ФАК-П осуществляется при обнаружении программой четырех циклов выдачи информационных нулей. В основу подпрограммы работы с ФАК-П положены программы, созданные с рамках системы "Автограф" /3/, куда были внесены некоторые изменения для работы с конкретным устройством управления.

ДВУХКООРДИНАТНЫЙ РЕГИСТРИРУЮЩИЙ ГРАФОПОСТРОИТЕЛЬ

Двухкоординатный графопостроитель с приводом на шаговых двигателях выполнен по схеме, позволяющей суммировать единичные приращения текущих координат $1/4$. Конструктивно его можно подразделить на планшет с механизмами привода положения пишущего узла, схемой электростатического прижима бумаги, блок

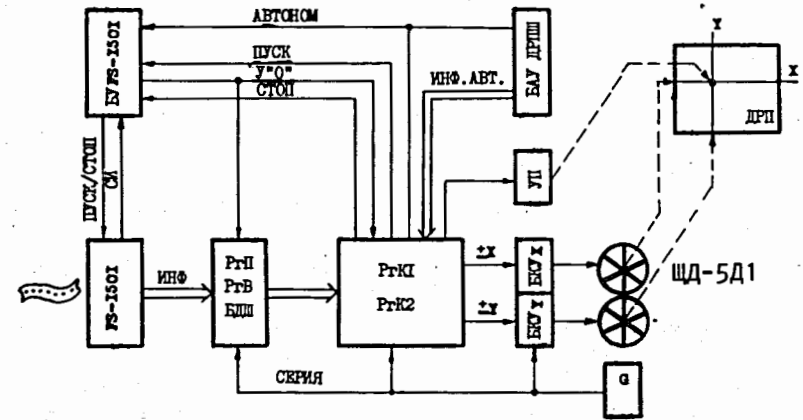


Рис.3. Блок-схема графического имитатора ДРПШ: БАУ - блок автономного управления; БУ FS-1501 - блок управления FS-1501; УП - управление пером; FS-1501 - фотосчитывающее устройство; РгП - регистр приема; РгВ - регистр выдачи; БДШ - блок дешифратора; РгК - регистр команд; БК_x и БК_y - блоки 12-тактного коммутатора; ЩД-5Д1 - шаговый двигатель; G - генератор серий.

управления, блок привода шаговых двигателей и фотосчитывающее устройство FS-1501 с механизмом подачи рулонных перфолент.

В автономном режиме работы предусмотрена возможность установки пишущего узла в начальную точку рисования с помощью выносного пульта управления. В автоматическом режиме обеспечивается прием от читающего устройства информации, декодирование и передача кодовой и управляющей информации на схемы приводных механизмов. С фотосчитывающего устройства цифровая информация поступает на регистр приема /РгП/, служащий для выравнивания перекосов чтения данных с перфоленты. По запросу от следующего регистра выдачи /РгВ/ цифровая информация переносится на этот регистр, и схема управления РгП включает FS-1501 для чтения следующей строки на перфоленте. В блоке дешифрации /БДШ/ определяется соответствие принятых кодов таблице истинности системы команд, выделяются текущие значения команд и направление перемещения пишущего узла. Декодированные значения передаются и запоминаются в регистре команд 1 /РгК1/, откуда по запросу передаются в регистр команд 2 /РгК2/.

Асинхронная система передачи данных по цепочке регистров позволила уплотнить работу всех схем блока управления за счет совмещения во времени операций чтения данных с перфоленты, работы блоков регистров и отработки команд линейного перемещения в блоке привода шаговых двигателей. Наличие цепочки блоков регистров используется для анализа кодов в регистрах РгК1 и РгК2 и при выполнении определенных условий позволяет аппаратно ускорять отработку элементарного шага приращения за счет увеличения скорости работы шаговых двигателей. Режим ускорения используется при вычерчивании длинных прямых отрезков линий и при перемещении пера в новую точку начала рисования. Схема управления ускорением обеспечивает восьмикратное изменение скорости работы шаговых двигателей, что дало значительное увеличение общего быстродействия системы при сохранении качественных показателей вычерчивания изображения. Блок привода шаговых двигателей имеет в своем составе счетчики масштабирования изображения и два двенадцатитактных реверсивных коммутатора управления направлениями вращения шаговых двигателей, собранных по шестифазной схеме. Изменение комбинации сигналов в фазных обмотках двигателя определяет направление поворота ротора шагового двигателя и, следовательно, направление перемещения пишущего узла графопостроителя.

Блок генератора импульсов работает под управлением схемы ускорения и вырабатывает четыре сдвинутые во времени относительно друг друга серии тактовых импульсов. Для повышения помехозащищенности управление и синхронизация работы всех блоков устройства выполнены по двухтактной схеме.

Краткие технические характеристики графопостроителя планшетного типа с приводом на шаговых двигателях /ДРПШ/ следующие:

- рабочее поле 1000x800 мм;
- элементарный шаг перемещения 0,125 мм;
- скорость перемещения 30÷400 мм/с;
- коды сигналов управления последовательно-параллельные, совместимые с кодами управления устройства АDМАР-II;
- привод на шаговых двигателях типа ШД-5Д1;
- масштаб изображения 1:1, 1:2, 2:1;
- элементная база микросхемы серии 172;
- количество перьев рисующего узла 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Длительная эксплуатация описываемых устройств показала обоснованность включения в технологическую цепочку на различных этапах проектирования и изготовления плат печатного монтажа быстродействующих графопостроителей ФАК-П и ДРПШ.

В результате значительно сократились потери времени и улучшилось качество технологической документации на изготовление и монтаж электронных блоков.

Авторы работы выражают свою благодарность М.Г.Кочурову и А.К.Гвоздеву за большую помощь по изготовлению и настройке прецизионных механических узлов графопостроителя ДРПШ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евтюнин Г.А. и др. Компоновка РЭА на магнитных матрицах. "Советское радио", М., 1947.
2. Песков М.И. и др. Обмен опытом в радиопромышленности, 1975, вып.6.
3. Глоризов Е.Л. и др. Обзоры по электронной технике, 1976, сер.3, вып.2.
4. Городничев Е.Д. и др. ОИЯИ, 11-7285, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 июля 1980 года.