

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



9553

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

10 - 9553

†
Н.Ю.Шкобин

ТРАНСЛЯТОР СИМВОЛИЧЕСКОГО ЯЗЫКА
ОПИСАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ("ТРОПА")

1976

10 - 9553

Н.Ю.Шкобин

ТРАНСЛЯТОР СИМВОЛИЧЕСКОГО ЯЗЫКА
ОПИСАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ("ТРОПА")

ОИЯИ
ЗИБЛИОТЕКА

ВВЕДЕНИЕ

Программа "Тропа" является транслятором, осуществляющим преобразование символического описания печатной платы в управляющие коды полуавтомата "ADMAP". Параллельно производится оптимизация "холостого" хода его технологических приспособлений.

Применяемый алгоритм позволяет обрабатывать описания широкого диапазона печатных плат без коррекции самой программы. Ограничения, накладываемые на некоторые характеристики печатных плат, определяются только возможностями полуавтомата "ADMAP".

Программа "Тропа" ориентирована на малую ЭВМ типа PDP-8. Основные положения и алгоритм оптимизации приведены в работе ^{1/2/}.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ "ТРОПА"

Программа "Тропа" состоит из диспетчера, набора служебных программ, являющихся общими для различных режимов, и набора программ, реализующих алгоритмы обработки описаний печатных плат.

Обработка качеств точек в соответствии с выбранным режимом работы приведена в ^{1/2/}. Рассмотрим работу основных режимов программы "Тропа"..

1. Режим ввода перфолент данных. Исходная информация вводится построчно, контролируется и, в случае необходимости, подвергается редактированию в пределах строки. Информация по мере поступления и обработки записывается на магнитную ленту. Стандартные блоки

записаны на программной магнитной ленте, а нестандартные записываются на рабочую магнитную ленту.

2. Режимы рисования. Предварительно, с целью опускания повторяющихся качеств точек, производится "перекачка" информации с магнитной ленты, содержащей описание печатной платы, на рабочую магнитную ленту. Далее граничные точки соединений запоминаются в буфере, и начинается работа алгоритм оптимизации. Выдача соединений производится в прямом или обратном кодировке направлениях. Для сокращения времени работы программы производится запоминание адресов соединений на магнитной ленте. При обрисовке качеств учитывается направление подхода пера.

3. Режим дополнения негативной стороны применяется для печатных плат ответственного назначения. Сравниваются описания позитивной и негативной сторон; характерные точки, отсутствующие в описании негативной стороны, заносятся в буфер. Далее координаты выбранных точек оптимизируются.

4. Режимы сверления. В зависимости от диаметра отверстий выбираются координаты точек и запоминаются в буфере. Повторяющиеся точки опускаются. Подготовленный буфер используется при работе алгоритма оптимизации.

5. Режимы воскования позитивной и негативной сторон отличаются друг от друга только обрабатываемыми поверхностями; они аналогичны режимам сверления, но не учитывают диаметра отверстий. Для большей универсальности применена двухвариантная система отбора точек:

а/ использование описания позитивной стороны /для печатных плат ответственного назначения/;

б/ использование описания негативной стороны /защищаются только отверстия, имеющие соединения с обеих сторон печатной платы/.

6. Режим зенкования отверстий применяется для высокочастотных печатных плат. Предварительно по описанию позитивной стороны отбираются координаты всех

отверстий. Далее, в зависимости от количества зенкуемых отверстий, возможны 2 варианта продолжения работы:

а/ значительное количество зенкуемых отверстий; вводятся координаты отверстий, не подлежащих зенкованию, которые затем исключаются из буфера отверстий; оставшиеся отверстия оптимизируются, и перфорируется соответствующая управляющая перфолента;

б/ малое количество зенкуемых отверстий; вводятся координаты отверстий, подлежащих зенкованию; уточняется их наличие в описании позитивной стороны и соответствующие координаты заносятся в буфер, подвергаемый оптимизации.

7. Режим контроля управляющих перфолент определяет пригодность данной перфоленты для использования на полуавтомате "ADMAP". Ошибки не локализуются, т.к. это задача соответствующих тестов.

8. Режим получения комплекта управляющих перфолент включает в себя режимы:

а/ сверление больших отверстий;

б/ сверление малых отверстий;

в/ рисование позитивной стороны;

г/ рисование негативной стороны;

д/ воскование позитивной стороны /по выбранному варианту/;

е/ воскование негативной стороны /по выбранному варианту/;

ж/ контроль управляющих перфолент.

Переход из режима в режим производится автоматически, минуя диспетчер, и не требует задания дополнительной информации.

Для планирования работы полуавтомата "ADMAP" в состав программы "Тропа" впервые введены программные "часы", определяющие коммерческое время работы полуавтомата "ADMAP" по данной управляющей перфоленте. Точность - ± 1 мин/час, что вполне удовлетворяет условиям планирования. Показания "часов" перфорируются на управляющих перфолентах.

2. Описание программы "Тропа"

Многопроходной транслятор "Тропа" позволяет из перфолент данных получить комплект управляющих перфолент, которые полностью реализуют производственные возможности полуавтомата "ADMAP".

Подготовку исходной информации можно производить на автономно работающем телетайпе типа "ASR-33", но предпочтительнее использовать редактирующие программы, входящие в математическое обеспечение ЭВМ /на-пример, "SYMBOLIC EDITOR"/.

2.1. Характеристика программы "Тропа"

Язык программы: PAL-III.

Объем памяти: 8К.

Используемые внешние устройства:

телетайп "ASR-33";

считыватель "FS-1501" ("FS-1500");

перфоратор "ПЛ-150" /"FACIT"/, "ДТ-102"/;

магнитофоны TU-55.

Примечания:

I. В скобках указана возможная замена устройств без изменения программы.

II. Практически возможно использование других типов и моделей внешних устройств, но это может повлечь за собой некоторую коррекцию программы.

III. Минимальный работоспособный комплект внешних устройств: телетайп "ASR-33", магнитофоны "TU-55". Память, занимаемая программой: 0000-6777₈, ячейки 0400-2777₈ используются дважды.

Служебная информация: библиотека стандартных блоков на магнитной ленте.

Объем буфера блоков, точек, соединений: 4096₁₀ ячеек. Максимальное количество точек, составляющих соединение: 1364₁₀.

Максимальный объем описания блока: 1364₁₀ характерные точки.

Максимальный объем описания печатной платы: не лимитируется.

Максимальное количество одновременно оптимизируемых точек: не ограничено.

Максимальное количество одновременно оптимизируемых соединений: 1024₁₀.

Исходная информация: описание печатной платы посредством символического языка в кодах ASC-II.

Выходная информация: комплект управляющих перфолент в кодах полуавтомата "ADMAP", снабженных служебной информацией по моде LEGIBLE PUNCH.

Режим общения ЭВМ - человек: диалог.

Количество режимов работы: 14₁₀.

Разновидностей управляющих перфолент: 11₁₀.

Время работы: определяется сложностью печатного монтажа и скоростью действия внешних устройств.

Максимальное время работы при применении быстрого перфоратора типа "ПЛ-150" не превышает 1 часа для режимов рисования, которые являются наиболее продолжительными.

2.2. Символический язык описания печатных плат

Символический язык, разработанный в /1/, на протяжении нескольких лет успешно использовался для кодирования печатных схем. По многочисленным отзывам специалистов, символический язык прост для изучения, удобен в работе и при определенных навыках позволяет достичь высокой скорости кодирования. Наряду с этим он универсален для широкой номенклатуры печатных плат и приемлем для производства. Поэтому данный символический язык без принципиальных изменений рекомендован в качестве основы информационного языка программы "Тропа".

С целью дальнейшего усовершенствования символического языка введены следующие изменения:

1. Сокращена максимальная длина названия печатной платы до 240 символов;

2. Изменена трактовка символа "Пробел" (SPACE) как разделительного. Разделительным знаком однозначно является символ "Запятая" /,/;

3. Введены новые качества точек:

H - (HORIZONTAL), прямоугольная контактная площадка, ориентированная в горизонтальном направлении; размеры площадки:

$$2 \text{ мм} \leq a_x = 1,5 \text{ мм} + t \leq 2,8 \text{ мм},$$

$$1 \text{ мм} \leq a_y = 0,5 \text{ мм} + t \leq 1,8 \text{ мм},$$

t - ширина линии;

P - (PERPENDICULAR), прямоугольная контактная площадка, ориентированная в вертикальном направлении; размеры площадки:

$$1 \text{ мм} \leq a_x = 0,5 \text{ мм} + t \leq 1,8 \text{ мм},$$

$$2 \text{ мм} \leq a_y = 1,5 \text{ мм} + t \leq 2,8 \text{ мм},$$

I - точка прерывания соединения, величина прерывания - 1 мм /в основном используется программой "Тропа" для исключения повторного рисования качества "M"/; аналогична J.

4. Снято ограничение на уровень повторного вызова блоков. Следует только отметить, что вызову блока должно предшествовать его описание.

2.3. Построение диалога

Для общения оператора с ЭВМ выбран режим диалога как наиболее прогрессивное направление в программировании. При этом удается снизить количество ошибок в работе оператора, связанных с утомлением, и максимально облегчить его труд.

Начало работы программы индицируется печатью "PROGRAM ТРОПА". Далее, посредством текста "REGIME-", оператору предлагается выбрать режим работы. Возможны следующие варианты ответа:

- RP - рисование позитивной стороны;
- RN - рисование негативной стороны;
- RD - дополнение негативной стороны;
- SB - сверление больших отверстий;
- SM - сверление малых отверстий;
- VP - воскование позитивной стороны;
- VN - воскование негативной стороны;
- VV - ввод перфолент данных;
- ZE - зенкование отверстий;

KS - контроль управляющих перфолент;

KO - получение комплекта управляющих перфолент.

Выбор несуществующего режима сопровождается диагностическим текстом /см. п. 2.4. /. При правильном выборе режима на телетайпе печатается мнемоника заданного буквенного сочетания.

В режимах VP, VN, KO, ZE предлагается посредством текста "VERSION-" выбрать соответствующий вариант. Возможные ответы: "1" или "2". Неправильный ответ ЭВМ не воспринимается и индицируется "звонком" телетайпа.

С целью упорядочения управляющих перфолент программа предлагает указать дату их получения ("DATE:"). Максимально может быть применено 8 символов /например, DATE: 24.12.75/, при меньшем количестве символов следует нажать клавишу "RETURN".

Задание устройств ввода/вывода осуществляется ответом на вопрос: "IN-" или "OUT-" /в зависимости от выбранного режима/. Возможные ответы:

T - телетайп "ASR-33" /считыватель или перфоратор/;

R - быстрый считыватель или быстрый перфоратор.

Любой другой ответ ЭВМ не воспринимает и информирует об этом оператора "звонком" телетайпа.

Начало описания печатной платы на магнитной ленте задается ответом на вопрос "ZONE-". Нули в начале номера зоны можно опускать. Количество цифр, задающих номер начальной зоны, не ограничено, но если оно более четырех, то ЭВМ воспринимает только последние 4 цифры /дополнительная возможность оперативного исправления ошибочного номера зоны/.

По окончании диалога на телетайпе печатается текст "CONTINUE" и программа переходит в режим ожидания. Для продолжения работы по выбранному режиму следует нажать клавишу "RETURN".

В режиме KS печать "CONTINUE" и режим ожидания наступают по окончании проверки каждой управляющей перфоленты. При режиме VV аналогичное прерывание наступает после каждого появления слова "PAUSE" на

перфолентах данных. Окончание работы по режиму сообщается посредством текста:

LAST ZONE - аааа, указывающего номер последней записанной зоны магнитной ленты. По окончании работы в выбранном режиме / за исключением режимов KS и KO / программа автоматически переходит на диспетчер и вновь предлагает оператору выбрать режим работы.

В *приложении 1* приведено построение диалога на примере конкретной платы.

2.4. Диагностика программы "Тропа"

При построении системы диагностики программы "Тропа" за основу была взята диагностика программы "ADTRAN". Она критически переработана, расширена, но в то же время был исключен избыток диагностической информации.

Система диагностики состоит из следующих основных разделов:

- а/ диагностики работоспособности процессора;
- б/ диагностики работы оператора;
- в/ диагностики функционирования внешних устройств;
- д/ диагностики грубейших ошибок, т.е. фатальных, в результате чего прекращается работа программы по заданному режиму;
- д/ диагностика ошибок, подлежащих редактированию.

Диагностические тексты независимо от выбранного выводного устройства печатаются на телетайпе. Формат печати дифференцирован, зависит от типа ошибки и состоит из 1 - 3 информационных строк. В *приложении 2* приведено краткое описание системы диагностики для оперативной работы.

При нарушении работоспособности процессора происходит аварийный останов /в программе отсутствуют смысловые остановки/. "Зацикливание" программы в ячейке с адресом 0001 следует рассматривать как аварийный останов, вызванный незапланированным прерыванием работы программы от внешнего устройства.

В отличие от программы "ADTRAN", программа "Тропа" наделена функциями редактирования описаний точек. При обнаружении программой интерполированного соединения ($\Delta x \neq \Delta y$), что чаще всего указывает на отсутствие символа окончания соединения (;), производится печать соответствующего диагностического текста, описание следующей характерной точки и предложение редактирования: ADDITIONAL CHARACTER. Программа входит в режим ожидания исправления; возможно 2 варианта ответа:

" ; " - введение символа окончания соединения;
" RETURN " - сохранение заданного описания соединения;
в случае употребления других символов программа их не воспринимает и информирует оператора "звонком" телетайпа.

При обнаружении ошибок типа IS, ED, EQ, EC, EP, EB, EN диагностический текст имеет следующий вид:

- тип ошибки /комбинация двух символов/;
- описание точки, содержащее ошибку;
- "NEW DESCRIPTION" - оператору предлагается задать новое описание точки

2.5. Формат управляющих перфолент

Формат управляющих перфолент для удобства использования нормализован и включает в себя следующие основные сегменты:

1. Название печатной платы в форме, удобной для чтения (LEGIBLE PUNCH).
2. Номер перфоленты данного технологического процесса - 2 цифры (LEGIBLE PUNCH).
3. Название технологического процесса (LEGIBLE PUNCH).
4. Координаты X и Y первой характерной точки (LEGIBLE PUNCH).
5. Управляющие коды полуавтомата "ADMAP":
 - а/ вывод технологического приспособления из исходного положения в рабочее;

б/ собственно выполнение технологического процесса;

в/ возврат полуавтомата "ADMAP" и технологических приспособлений в исходное состояние.

6. Служебная информация:

а/ маркер контрольной суммы /RUB-OUT - код ASC-II);

б/ контрольная сумма в двоичном коде / BINARY FORMAT/.

7. Координаты X и Y последней характерной точки (LEGIBLE PUNCH).

8. Время выполнения на полуавтомате "ADMAP" данного технологического процесса (LEGIBLE PUNCH) индицируется посредством символа "T" и выражается в часах и минутах.

9. Количество обработанных отверстий (LEGIBLE PUNCH) индицируется посредством сочетания "OTB" и соответствующего числа отверстий в десятичной системе счисления.

Составные сегменты управляющих перфолент отделены друг от друга отрезком чистой перфоленты с синхродорожкой.

Система представления символов в форме (LEGIBLE PUNCH) основывается на пробивке соответствующих отверстий элементарной матрицы перфоленты. Размер матрицы - 5 дорожек/5 строк /используются старшие рядные дорожки/.

3. ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОЛЬЗОВАНИЮ ПРОГРАММОЙ "ТРОПА"

Ввод программы "Тропа" осуществляется в следующей последовательности:

1. Установить на магнитофоне программную магнитную ленту, присвоить данному устройству "О" номер.

2. Ввести "программу чтения с магнитной ленты" с помощью BIN LOADER в "О" МОЗУ ЭВМ;

3. Установить стартовый адрес программы на клавишном регистре (SR=7400) и произвести его занесение;

4. Нажать клавишу "START"; произвести чтение программы "Тропа" с магнитной ленты и автоматический переход на диспетчер.

После ввода программы "Тропа" задаются начальные условия по обработке описания печатной платы /диалог, п. 2.3/.

Физические номера магнитофонов должны быть приведены в соответствие с математическими номерами:

а/ программная магнитная лента - "О" магнитофон;

б/ магнитная лента с описанием печатной платы - "1" магнитофон /разрешить запись/;

в/ рабочая магнитная лента - "2" магнитофон /разрешить запись/.

Выход из заданного режима работы на диспетчер осуществляется автоматически по окончании обработки описания печатной платы. Для принудительного возврата к диспетчеру следует на клавиатуре телетайпа одновременно нажать клавиши "CNTR" и "WRU" /например, выход из режима "Контроль управляющих перфолент"/.

Если по каким-либо соображениям /например, из-за окончания рулона перфоленты/ необходимо прервать перфорацию, то на клавиатуре телетайпа следует одновременно нажать клавиши "CNTR" и "TAPE". По отработке очередного соединения на управляющей перфоленте отперфорируется вывод полуавтомата "ADMAP" в исходное состояние и программа, отпечатав на телетайпе "CONTINUE", войдет в режим ожидания. Для продолжения перфорации следует нажать клавишу "RETURN".

Обновление программы осуществляется следующим образом:

1/ остановить работу ЭВМ по программе;

2/ установить на клавишном регистре адрес повторного старта (SR=0200) и произвести его занесение;

3/ нажать клавишу "START"; далее следует диалог между оператором и ЭВМ, и работа программы по выбранному режиму.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Программа "Тропа" была подвергнута разносторонним испытаниям, в числе которых было выявление эффективности результатов оптимизации.

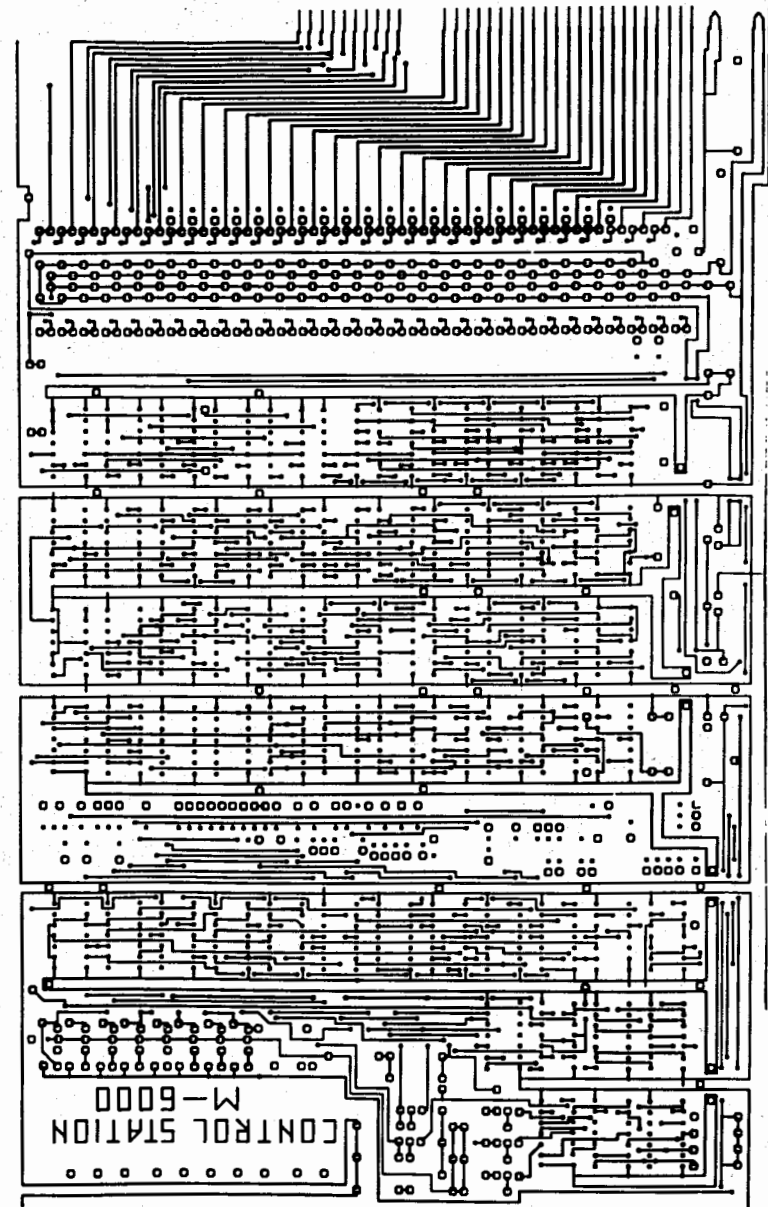
Эффективность оптимизации прямо пропорциональна объему описания и размерам /конфигурации/ печатной платы и обратно пропорциональна квалификации оператора, осуществляющего ее кодирование. Особенностью программы "Тропа" является то, что индивидуальность и квалификация операторов не сказывается на времени работы полуавтомата ADMAP, т.к. оно определяется только алгоритмом оптимизации.

Применение оптимизации позволило сократить время работы полуавтомата "ADMAP" по изготовлению печатных плат на 30-40%. В приложении 3 приведена результирующая таблица, позволяющая наглядно судить о преимуществах оптимизации холостого хода полуавтомата "ADMAP" на примере конкретной печатной платы /результаты публикуются впервые/. На рисунке приведена позитивная сторона рассматриваемой печатной платы.

Время получения управляющих перфолент по программам "Тропа" и "ADTRAN" различается незначительно и только в некоторых случаях получение управляющих перфолент рисования по программе "Тропа" в 2-3 раза медленнее, чем по программе "ADTRAN". В то же время оно не выходит из разумных границ и не снижает производственной мощности ЭВМ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программа "Тропа" успешно прошла опытную эксплуатацию и включена в состав математического обеспечения автоматизированной системы производства печатных плат в ОЯФ ОНМУ. Эффективность оптимизации была экспериментально проверена при изготовлении широкого диапазона печатных плат и дала положительный результат.



Позитивная сторона печатной платы, выполненной в стандарте КАМАК.

В дальнейшем основа программы "Тропа" будет сохранена без изменений, а непринципиальной модернизации будут подвергаться только отдельные положения и подпрограммы.

Автор, пользуясь представившейся возможностью, выражает благодарность Н.И.Кутнер за техническую помощь, В.И.Гурскому за опробование результатов работы программы "Тропа" на полуавтомате "ADMAP-2".

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Примеры диалога

PROGRAM TRØPA

REGIME-VV
LOAD INFORMATION TAPE
IN-R
ZONE-0123
CONTINUE
CONTINUE
CONTINUE

REGIME-RP
DRAW POSITIVE SIDE
DATE: 30.9.75
OUT-R
ZONE-1230123
CONTINUE

REGIME-SB
DRILL BIG OPENINGS
DATE: 30.9.75
OUT-T
ZONE-0123
CONTINUE

REGIME-VP
DEFEND POSITIVE SIDE
VERSION-1
DATE: 30.9.75
OUT-R
ZONE-123
CONTINUE

REGIME-KS
CHECK SUM
IN-R
CONTINUE
IT
CONTINUE
CONTINUE
CONTINUE

REGIME-

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Типы ошибок

ER-ERROR REGIME	- ошибка в выборе режима.
EZ-ERROR ZONE	- ошибка в выборе номера зоны.
EI-ERROR INFORMATION-	ошибка в задании исходных дан-
	ных.
DZ-DEFECT ZONE	- дефектная зона.
ET-END TAPE	- окончание магнитной ленты.
IT-ILLEGAL TAPE	- ошибка в управляющей перфо-
	ленте.
LN-LONG NAME	- длинное название /более 240
	символов/.
LD-LONG DESCRIPTION	- в описании точки более 72 сим-
	волов.
LL-LON LINE	- описание соединения содержит
	более 1364 точек.
LB-LONG BLOCK	- описание блока содержит более
	1364 точек.
ES-ERROR SIZE	- ошибка в задании размеров пла-
	ты.
IS-ILLEGAL SYMBOL	- ошибочный символ.
ED-ERROR DESCRIPTION-	ошибка формата описания точки.
EQ-ERROR QUALITY	- ошибка в задании качества точ-
	ки.
EC-ERROR COORDINATE	- ошибка в задании координат точ-
	ки.
EP-ERROR POINT	- отсутствие точки.
EB-ERROR BLOCK	- ошибка в описании или в вызове
	блока.
EN-ERROR NAME	- ошибка в названии блока.
IL-INTERPOL LINE	- предположение об окончании
	соединения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Результирующая таблица оптимизации

№	Операция	Время работы		
		ADMAP ADTRAN	"Тропа"	Δ%
1.	Рисование позитивной стороны	312	99	25
2.	Рисование негативной стороны	90	68	24,4
3.	Дополнение негативной стороны	-	81	
4.	Сверление больших отверстий	32	23	28,1
5.	Сверление малых отверстий	85	63	25,9
6.	Воскование позитивной стороны /1 вариант/	-	78	
7.	Воскование позитивной стороны /2 вариант/	-	47	
8.	Воскование негативной стороны /1 вариант/	-	79	
9.	Воскование негативной стороны /2 вариант/	-	48	
10.	Зенкование отверстий /1 вариант/	-	*	
11.	Зенкование отверстий /2 вариант/	-	*	

Примечание:

1. Знаком "-" обозначены ранее не автоматизированные технологические операции.
2. Знаком "*" обозначены операции, не используемые для данного типа печатной платы.
3. Операция 3 выполняется по требованию пользователя. Варианты операций 6-11 выбираются по желанию пользователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Ю.Шкобин, Й.Эсенски. ОИЯИ, 11-8166, Дубна, 1974.
2. И.М.Мельниченко, Н.Ю.Шкобин. ОИЯИ, 10-9494, Дубна, 1975.
3. "ADMAP-2" - техническое описание, ИИВТА АН ВНР, 1972.
4. Introduction to Programming. PDP-8 Family Computers.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 февраля 1976 года.