

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе "

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ P-CAD ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДОК И СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ" по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 12.03.01 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной и заочной форм обучения

УДК 621.396

Составитель канд. техн. наук А.Б. Антиликатоорв

Методические указания к лабораторной работе " Оценка технологичности конструкции изделия" по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 12.03.01 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной и заочной форм обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Б. Антиликаторов. Воронеж, 2015, 26 с.

В работе представлены методики оценки технологичности конструкции изделия, а также порядок и правила отработки конструкции РЭС на технологичность на всех стадиях проектирования.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MSWord 2003 и содержатся в файле ЛР_PCAD.doc

Табл. 1. Ил. I. Библиогр.: 2 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.В. Турецкий

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.В. Муратов

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета.

© ФГБОУ ВПО «Воронежский
государственный технический
университет», 2021

Цель работы: изучить пакет программ автоматизированного проектирования печатных плат P-CAD, освоить формат N/C Drill для составления управляющей программы сверления отверстий печатной платы на станке с числовым программным управлением.

Краткие теоретические сведения

Для обеспечения качества выпускаемых печатных плат необходимо применять автоматизацию технологических процессов их изготовления.

В настоящее время широко используется оборудование с программным управлением. При производстве печатных плат применяются сверлильные станки с числовым программным управлением (ЧПУ) [2, 6, 7].

В соответствии с разработанной программой станки с ЧПУ выполняют следующие функции:

- движение исполнительных органов станка;
- изменение скорости их перемещения;
- обеспечение последовательности циклов обработки;
- задание режимов работы и других вспомогательных функций.

Структурная схема станка с ЧПУ представлена на рис. 1.1, где М1–М3 – механизмы станка, которые реализуют операции цикла обработки, Д1–Д3 – датчики, служащие для контроля величины перемещений механизмов М1–М3. Информация программноносителя поступает в считывающее устройство, а затем в устройство числового программного управления, которое формирует управляющие команды на механизмы станка М1–М3. Механизмы реализуют соответствующие движения цикла обработки согласно заданной управляющей программе. Управляющая программа разрабатывается в соответствии с чертежом детали, выбором направления обхода при обработке отверстий, разработанным технологическим процессом. Выбирается режущий инструмент и режим резания. Разработанная управляющая программа записывается на соответствующий носитель информации.

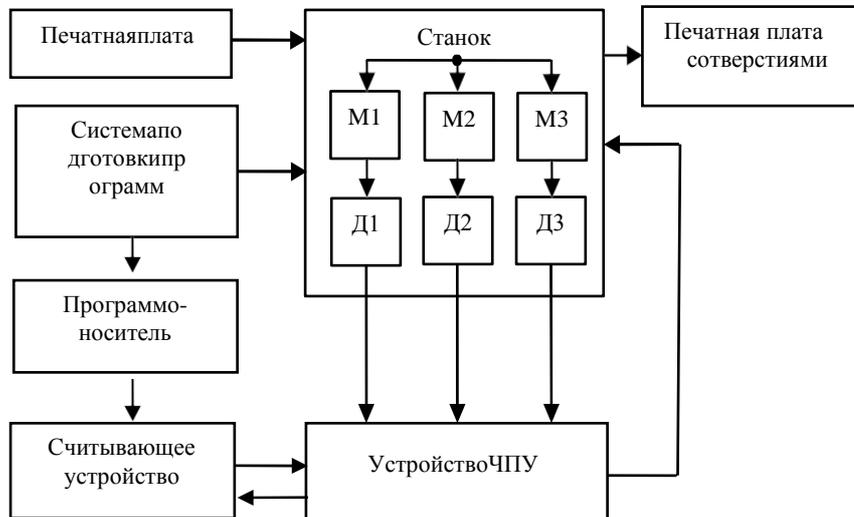


Рис.1.1. Структурная схема станка с ЧПУ

Структура управляющей программы для станков с ЧПУ.

1. Программа состоит из кадров. Кадр – это часть программы, которая позволяет реализовать одну операцию.
2. Кадр программы включает переменное число слов, записанных в определённом порядке.

Комплект документации на технологические процессы и операции, выполняемые на станках с ЧПУ:

1. Список деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.

2. Эскизы деталей.
3. Карта заказа на разработку управляющей программы.
4. Карта наладки инструмента и кодирования информации.

В качестве примера рассмотрим применение станка с ЧПУ – СМ-600 Ф2. Станок обеспечивает фиксацию предварительно подготовленных заготовок печатных плат, перемещение в зону обработки, сверление или фрезерование с заданной точностью. Система ЧПУ обеспечивает:

- управление станком по заданной программе;
- ввод управляющей программы в память;
- вывод управляющей программы на носитель;
- отображение информации на электронно-лучевой трубке;
- тестирование электронных блоков.

3. Слово–

часть кадра, которая содержит информацию о программируемой функции (признак адреса, знак, чи слит. д.).

4. Кадр должен содержать его номер и информационные слова.

5. Информационные слова записываются в определённой последовательности в зависимости от реализуемых функций.
6. Слова в кадре представляются в следующей форме: записываются символ адреса (латинская буква), математический знак «плюс» или «минус», последовательность цифр.

Станок СМ-600Ф2 (рис. 1.2) состоит из гранитного основания (1) на котором размещены: электродвигатель линейный по оси X (2), электродвигатель линейный по оси Y (3), стол (4), блок автоматических манипуляторов (5), панель пневмоаппаратуры (6), панель электрооборудования станка (7), закрытая кожухом (8).

Станок имеет следующие технические характеристики (табл. 1.1).

1.1. Технические характеристики станка СМ-600Ф2

Номинальное напряжение, В	380±10%
Частота тока, Гц	50
Потребляемая мощность, кВА, не более	4,0
Габаритные размеры обрабатываемых заготовок печатных плат, мм:	
длина α , мм	120
длина α , мм	610
ширина, не более	305
Усилие прижима пакета плат, Н	0...150
Частота вращения шпинделя, об/мин	20000...72000
Диаметры используемых свёрл, мм	0,3...6,5
Минимальный шаг перемещения, мм:	
по оси X	1,25
по оси Y	1,25
Вид задания графической информации	в абсолютных размерах и вращении α
Точность сверления, мм	±0,02
Точность позиционирования по осям, мм	±0,01
Максимальная скорость перемещения стола, м/мин	15
Габариты, мм:	
длина	1420
ширина	1605

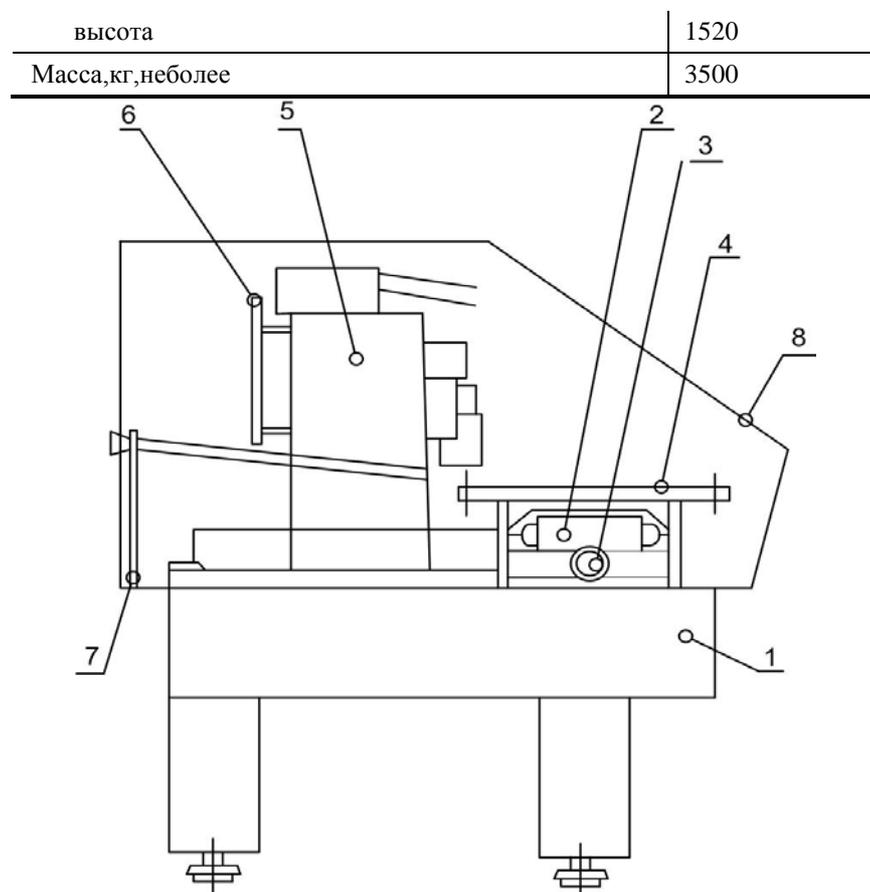


Рис.1.2. Станок CM-600Ф2

Описание САППР-CAD[8].

Система P-CAD предназначена для сквозного проектирования многослойных печатных плат (ПП) электронных устройств. В состав P-CAD входят четыре основных модуля – P-CAD Schematic, P-CAD PCB, P-CAD Library Executive, P-CAD Autorouters и ряд других вспомогательных программ.

P-CAD Schematic и P-CAD PCB – соответственно графические редакторы принципиальных электрических схем и ПП. Редакторы имеют системы всплывающих меню в стиле Windows, а наиболее часто применяемым командам назначены пиктограммы.

Редактор P-CAD PCB может запускаться автономно и позволяет разместить элементы на выбранном монтажно-коммутационном поле и проводить ручную, полуавтоматическую и автоматическую трассировку проводников. Если P-CAD PCB вызывается из редактора P-CAD Schematic, то автоматически составляется список соединений схемы и на поле ПП переносятся изображения корпусов компонентов с указанием линий электрических соединений между их выводами. Эта операция называется упаковкой схемы на печатную плату. Затем вычерчивается контур ПП, на нем размещаются компоненты, наконец, производится трассировка проводников.

Применение шрифтов TrueType позволяет использовать на схеме и ПП надписи на русском языке

Автотрассировщики вызываются из управляющей оболочки P-CAD PCB, где и производится настройка стратегии трассировки. Информацию об особенностях трассировки отдельных цепей можно с помощью стандартных атрибутов ввести на этапах создания принципиальной схемы или ПП. Первый трассировщик QuickRoute относится к трассировщикам лабиринтного типа и предназначен для трассировки простейших ПП. Второй автоматический трассировщик PRORoute трассирует ПП с числом сигнальных слоёв до 32. Трассировщик Shape-Based Autorouter – бессеточная программа автотрассировки ПП. Программа предназначена для автоматической разводки многослойных печатных плат с высокой плотностью размещения элементов. Эффективна при поверхностном монтаже корпусов элементов, выполненных в различных системах координат. Имеется возможность

размещения проводников под различными углами на разных слоях платы, оптимизации их длины и числа переходных отверстий.

DocumentToolbox – дополнительная опция P-CAD PCB и P-CAD Schematic для размещения на чертежах схем или ПП различных диаграмм и таблиц, составления различных списков и отчётов, которые динамически обновляются, таблиц сверловки, данных о структуре платы, технологической и учётной информации, размещены на чертежах схем списков соединений, выводов подключения питания и другой текстовой информации. Программа предназначена для расширения возможностей выпуска технической документации без использования чертёжных программ типа AutoCAD. DocumentToolbox позволяет автоматизировать создание конструкторской документации, необходимой для производства проектируемых ПП.

SPECCTRA – программа ручного, полуавтоматического и автоматического размещения компонентов и трассировки проводников. Трассирует ПП большой сложности с числом слоёв до 256. В программе используется так называемая бес-сеточная Shape-Based – технология трассировки. За счёт этого повышается эффективность трассировки ПП с высокой плотностью размещения компонентов, а также обеспечивается трассировка одной и той же цепи трассами различной ширины. Программа SPECCTRA имеет модуль AutoPlace, предназначенный для автоматического размещения компонентов на ПП. Вызов программы производится автономно из среды Windows или из программы P-CAD PCB.

P-CAD Library Executive – менеджер библиотек. Интегрированные библиотеки P-CAD содержат как графическую информацию о символах и типовых корпусах компонентов, так и текстовую информацию (число секций в корпусе компонента, номера и имена выводов, коды логической эквивалентности выводов и т.д.). Программа имеет встроенные модули: SymbolEditor – для создания и редактирования символов компонентов и PatternEditor – для создания и редактирования посадочного места и корпуса компонента. Упаковка вентиля компонента, ведение и контроль библиотек осуществляются модулем LibraryExecutive. Модуль имеет средства просмотра библиотечных файлов, поиска компонентов, символов и корпусов компонентов повсеможным атрибутам.

Вспомогательные утилиты, образующие интерфейс DBX (DataBaseExchange), в частности, производят перенумерацию компонентов, создают отчеты в требуемом формате, автоматически создают компоненты, выводы которых расположены на окружности или образуют массив, рассчитывают паразитные параметры ПП и т.п.

Графический редактор печатных плат P-CAD PCB имеет следующие характеристики:

- до 99 слоёв в ПП, из них 11 слоёв предварительно определены;
- максимальный размер ПП 60х60 дюймов;
- автоматическая коррекция принципиальных схем при изменении в печатной плате и на обороте (коррекция «назад» и «вперёд»);
- до 64000 типов контактных площадок в проекте;
- ширина проводника на ПП до 10 мм;
- до 64000 стилей стеков контактных площадок в проекте;
- контактные площадки различных форм: эллипс, овал, прямоугольник, скругленный прямоугольник, сквозное переходное отверстие, перекрестье для сверления (target), непосредственное соединение, тепловой барьер с двумя или четырьмя перемычками;
- контроль соблюдения зазоров и полноты разводки ПП;
- минимальный дискрет углов поворота текста и графических объектов – 0,1 град;
- поддержка управляющих файлов фотоплоттеров Gerber и сверлильных станков в ЧПУ Excellon.

Интерфейс пользователя.

Графические редакторы P-CAD имеют похожие интерфейсы и системы меню команд. Нарис. 1.3 представлен экран графического редактора P-CAD Schematic.

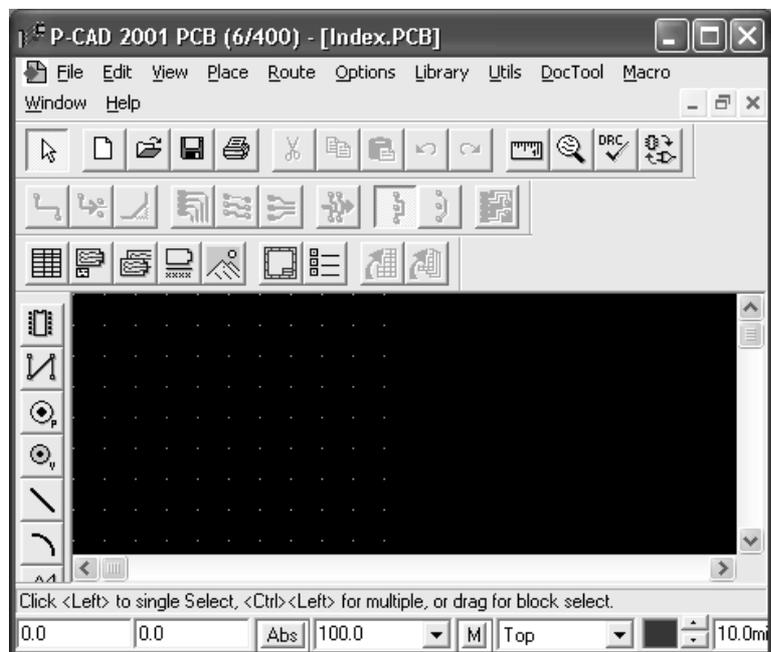


Рис.1.3.РабочийэкранP-CAD Schematic

Горизонтальная панель инструментов содержит пиктограммы системных команд, а вертикальная панель – команды размещения объектов на рабочем поле экрана.

В поле рабочего окна располагают символы принципиальных схем и собственно схемы, составленные из символов, электрических соединений, шин и т.п.

Вторая строка снизу на экране – строка сообщений.

Самая нижняя строка –

строка состояний. Значения полей строки состояний перечисляются ниже.

Координаты X и Y. Числа в полях указывают текущие координаты курсора. Перемещение курсора в заданную пользователем точку производится следующим образом. Если активизирован режим выбора объекта (команда Edit/Select), то нажатие клавиши J передает управление полю X. На клавиатуре можно набрать значение координаты X, затем нажать клавишу Tab, набрать значение координаты Y и нажать клавишу Enter. В результате указанных действий курсор переместится в заданную точку. Если выбрана одна из команд размещения Place, то можно указанными выше операциями разместить объект в заданную точку.

Значения координат вводят в милах (mil), миллиметрах (mm) или в дюймах (inch). Выбор системы единиц измерения производится при выполнении команды Options/Configure/Units. Если координаты точки заданы в mil, то точность – один десятичный знак, а если в мм – три десятичных знака после запятой.

Кнопки переключения типа сетки ABS и Rel. Абсолютная сетка ABS имеет начало координат в нижнем левом углу рабочей области экрана. Относительная сетка Rel имеет начало координат в точке, указанной пользователем. Сетка Rel включается в том случае, если в окне команды Options/Grids активен режим Prompt for Origin. Значение шага сетки устанавливается при нажатии на кнопку выбора (стрелка), находящуюся справа от поля шага сетки. А набор шагов сеток устанавливается в поле Grid Spacing после выполнения команды Options/Grids.

При активизации кнопки записи макрокоманд M (или клавиши M) начинается запись во временный файл всех выполняемых команд. Повторное нажатие кнопки M (или клавиши M) прекращает запись файла с именем _default.mac. Этот файл доступен только в течение текущего сеанса.

Поля текущего имени схемы и кнопки выбора имени листа отражают установки, проведенные по команде Options/Sheets в закладке Sheets. Все листы схемы одного проекта содержатся в одном файле с расширением .sch. Добавление листов в проект осуществляется командой Options/Sheets/ Sheets/Add.

Поля ширина линии и выбор ширины линии дублируют команду Options/CurrentLine.

Для добавления в список но-вой толщины линии необходимо щелкнуть по кнопке LineWidth и ввести новое значение толщины линии. Тип линии устанавливается командой Options/CurrentLine области Style диалогового окна.

В строке сообщений (справа от кнопки выбора ширины линий) отображается следующая текущая информация:

- тип, позиционное обозначение или общее количество выбранных объектов;
- значения приращений по осям X и Y при перемещении выбранных объектов;
- имя выбранной цепи;
- расстояние между выбранными точками и их проекция на оси X и Y при выполнении команды Edit/Measure.

Размещение контактных площадок и пакетов контактных площадок.

Каждый элемент создается индивидуально и хранится в библиотеке.

Выводы, встроенные в элемент, указывают точки соединения с платой. Контактные площадки – это медные площадки на плате, соединяющие выводы с другими устройствами. В технологии сквозного сверления это точки, в которых печатные проводники соединяются с выводами и переходами, позволяя сигналу проходить с одной стороны платы на другую (контактные площадки также крепят элементы на печатную плату).

Символ сверления для каждого различного размера отверстия создается отдельно. Можно создавать множество файлов пакетов контактных площадок для различных производственных требований.

Программа сверления разрабатывается при помощи САППР-САД. Структура программы следующая [9]:

1. M48 – код начала программы, далее располагается заголовок (header) программы состоящий из нескольких строк, содержащих информацию об используемой системе измерения, формате представления чисел и применяемом инструменте.
2. % – признак окончания заголовка и начала исполнения программы.
3. Выбор инструмента описывается символом T, который соответствует выбору сверла определённого диаметра, описанному в заголовке программы.
4. Для задания перемещения используются информационные слова (X, Y) для перемещения соответственно по осям X, Y.
5. После информационных слов (X, Y) без пробела вводится размер приращения, который может быть как положительным, так и отрицательным.
6. Заканчиваться программа должна кодом окончания программы – M30, обычно так же перед окончанием программы останавливают вращение всех сверл – команда T00.

Формат исполняемой программы N/CDrill станков Excellon наиболее близок к формату используемых сейчас на российских предприятиях станков ЧПУ.

В качестве примера приведены простейшая программа и соответствующая ей печатная плата, представленная на рис. 1.4.

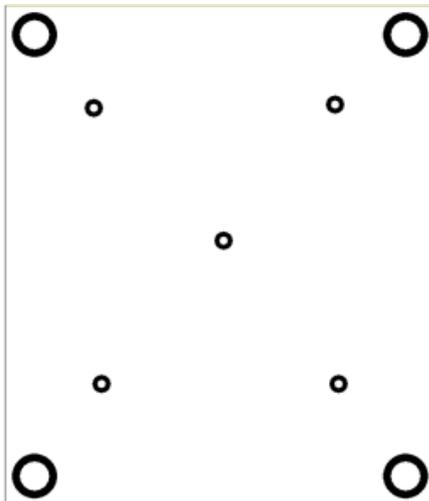


Рис. 1.4. Печатная плата с отверстиями

M48–начало программы;
 METRIC,0000.00 – выбор метрической системы и формата представления чисел; T01C3.00 – первое сверло с диаметром 3 мм (С – означает выбор диаметра); T02C10.00– второе сверло с диаметром 10мм; % – конец заголовка, начало исполнения; T01– инструментом T01;
 X+007250Y+014125 – сверлим 5 отверстий по координатам; X+015250 X+0070 00Y+02 3500X+ 011375Y +019000 X+0151 25Y+02 3625 T02–инструментом T02;
 X+005000Y+011000 – сверлим 4 отверстия по координатам; Y+026000 X+01750 0Y+0110 00Y+026 000 T00 – останавливаем шпиндели всех сверл; M30– конец программы.

Методические указания и порядок выполнения работы

1. Изучить исходную плату устройства, рассмотренного (для соответствующего варианта) Вы делить отверстия с одинаковыми диаметрами контактных площадок и отверстий, отнести их к одной группе. Измерить диаметры отверстий и контактных площадок.
2. Запустить программу РСВиз пакета P-CAD, ярлык которой находится в меню «Пуск» или на рабочем столе Windows.

3. Задать границы чертежа: в меню Options подменю Configure, закладка General установить флажок Units в положении mm, WorkspaceSize– 210x297mm(A4)(рис.1.5).

4. Команда Grids в меню Options показывает сетку, которая может выглядеть как в виде точек (Dotted), так и в виде клеток (Hatched), шаг сетки может быть задан пользователем (1,25; 2,5 ...). Рекомендуем установить шаг 1,25 мм (рис.1.6).

Примечание. Пользователь может менять шаг сетки по своему усмотрению, например при вычерчивании границ печатной платы целесообразно использовать более крупную сетку и, наоборот, при вычерчивании каких то мелких деталей можно уменьшать шаг сетки, желательнократно 2,5мм.

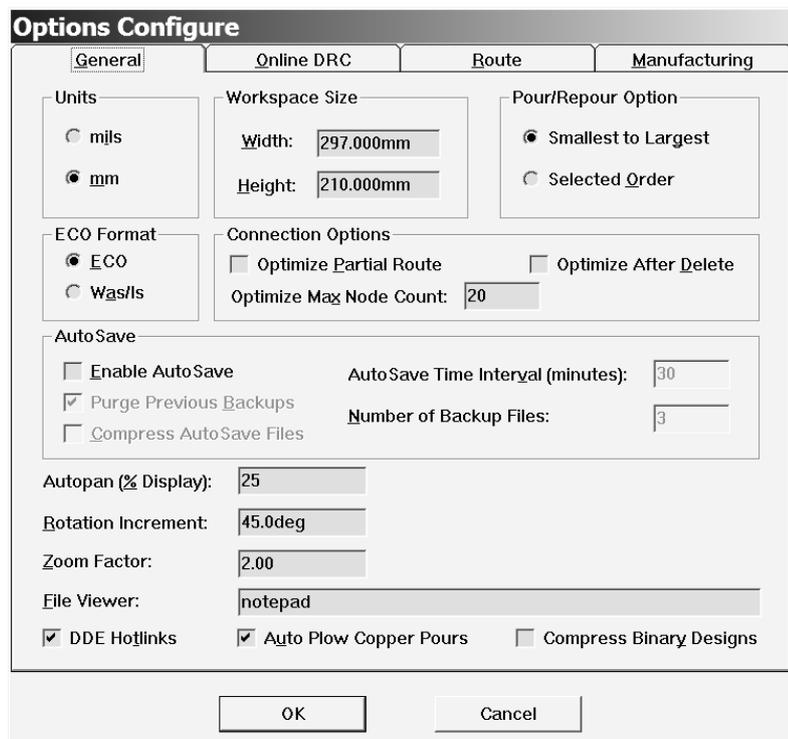


Рис.1.5.Задание конфигурации чертежа

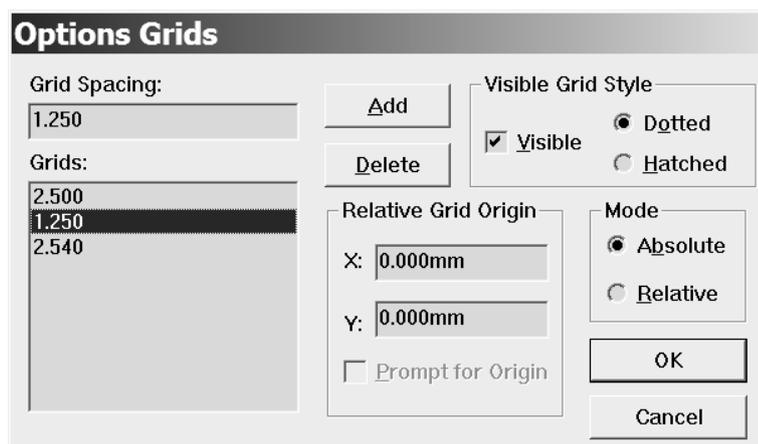


Рис.1.6.Задание параметров сетки

5. Задавать границы печатной платы необходимо в слое Board, вычерчивая их при помощи команды Place/line (рис.1.7).

В правом нижнем углу можно посмотреть длину уже вычерченной линии (рис.1.8).

6. Для расстановки контактных площадок необходимо определить все типы отверстий, встречающиеся на заданной плате. Для этого необходимо войти в меню Options, под меню PadStyle. При нажатии кнопки Copy задаётся имя для группы отверстий (рис. 1.9).

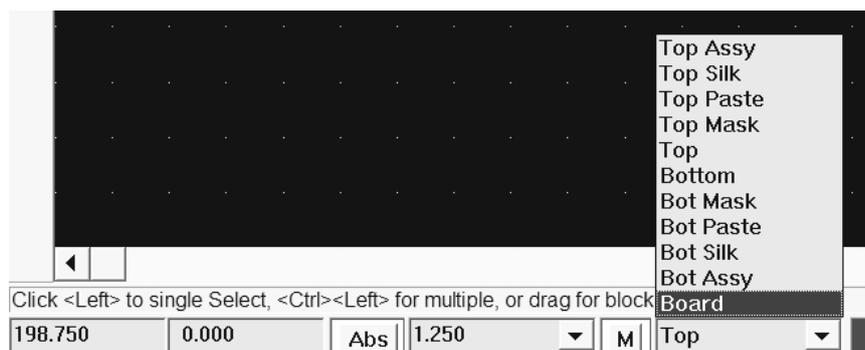


Рис.1.7.Изменение рабочего слоя

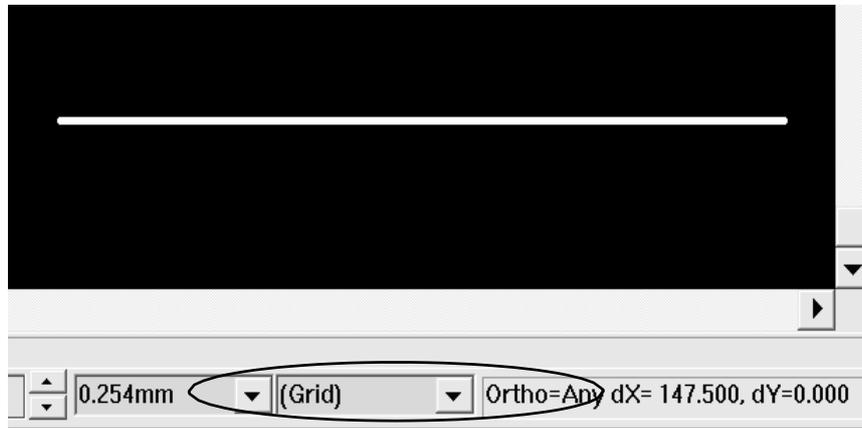


Рис.1.8.Просмотрдлиныначерченнойлинии

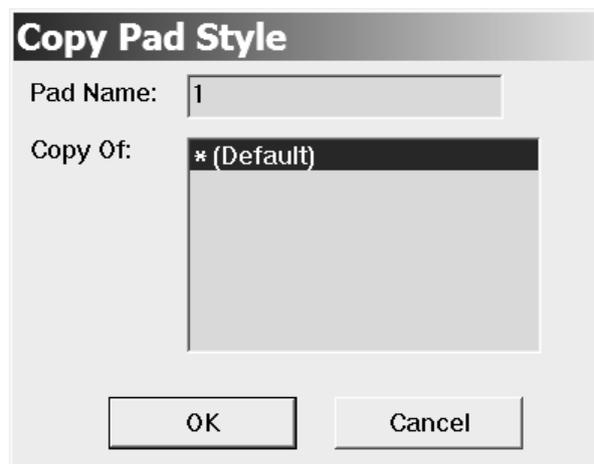


Рис.1.9.Созданиегруппыотверстий

Нажать на ОК. После этого открыть Modify (Simple). В появившемся окне есть несколько областей. В данном случаенасинтересуют:

Diameter – задание диаметра монтажного отверстия;

Shape–форма контактной площадки;

Width,Height–длинаиширина контактной площадки.

ДляполучениякруглойконтактнойплощадкинеобходимовыбратьформуEllipse,адлинуиширинузадатьравнойдиаметруконтактной площадки (рис. 1.10).



Рис.1.10.Заданиепараметровдлягруппыотверстий

ВобластиHoleзадатьдиаметрпроходногоотверстияинажатьнаОК.Длязаданияследующейгру

ппыплошадокнеобходимонажатьСору иповторитьуказаннуювышепоследовательностьдействий.

7. ВменюPlaceвыбратькомандуPadвсоответствииисрасположениемнаисходнойплатеотверстийтекущейгруппы.ДлясменытекущейгруппынеобходимовоспользоватьсяменюOptions,подменюPadStyle(рис.1.11).

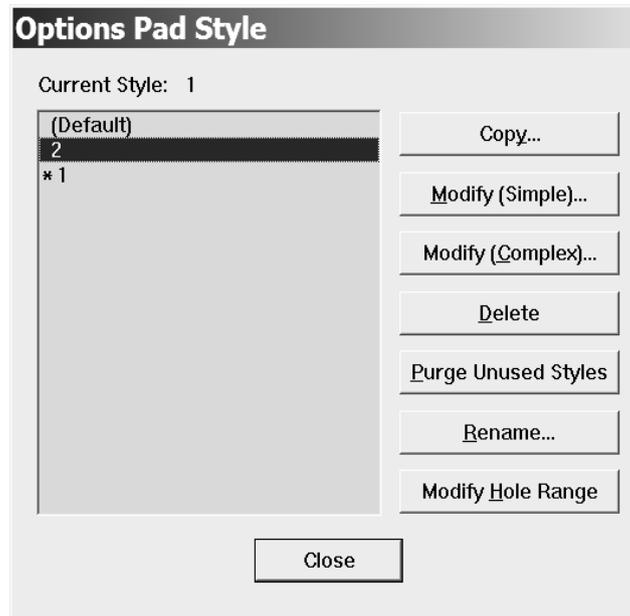


Рис.1.11.Сменагруппыконтактныхплощадок

8. Послеустановкивсехотверстийнаплатунеобходимосохранитьполученныйчертёж(File/Saveas...).
 9. ДлягенерациипрограммысверленияотверстийнеобходимовоспользоватьсяпакетомPCDrill,длячеговменюFile,подменюExportвыбратьN/CDrillивпоявившемсяокневыполнитьследующиедействия:
 - нажатьSetupOutputFiles(установитьвыходнойфайл);
 - нажавFileextensions,ввестирасширение,котороебудетприсвоеновыходномуфайлу(например,TXT);
 - нажавOutputPath,задатькаталог,вкоторыйбудетзаписангенерированныйфайл.
- В окне Layers необходимо щёлкнуть SetAll (выбрать все слои) и пометить AllHoles (все отверстия).Вокне нарис.1.12показано задание параметроввыходного файла.

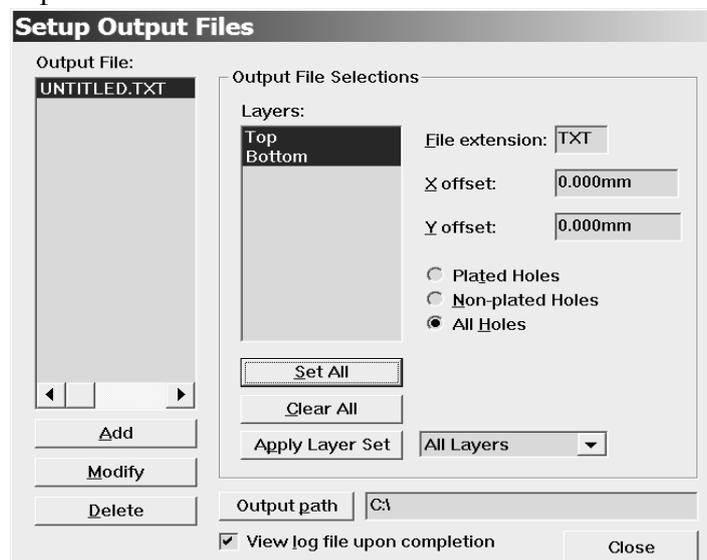
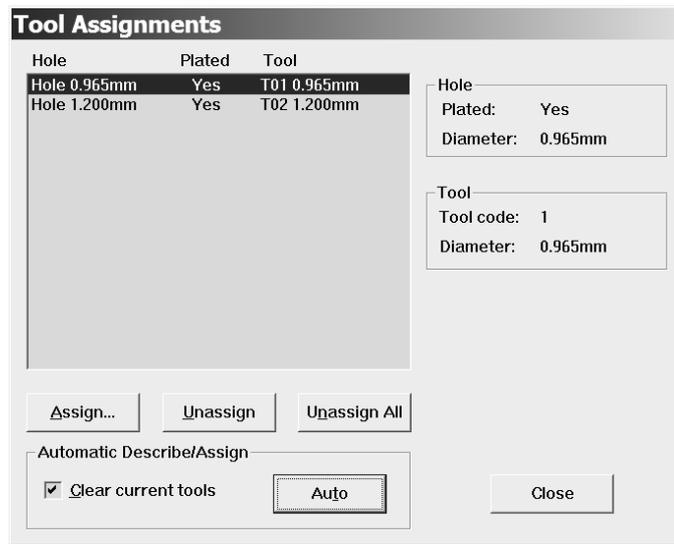


Рис.1.12.Заданиепараметроввыходногофайла

Рис. 1.13. Задание параметров сверлильных кодов

После чего нажать Add закрыть окно. В меню Tools задаются параметры сверлильных кодов. При нажатии кнопки Auto диаметры сверл для каждой группы назначаются автоматически (рис. 1.13).



В меню N/C Drill Format задается формат выходного файла:

- Output units (выходное пространство) – в миллиметрах;
- OutCode type (кодировка выходного файла) – текстовый (ASCII None);
- Zero Suppression (нулевое подавление) – линейное и нелинейное (установить None).

Задание формата выходного файла показано на рис. 1.14.

После чего закрыть окно и нажать Generate Output Files (рис. 1.15).

10. По указанному пути (Output Path) открыть полученный файл при помощи блокнота и от него распечатать на принтере.

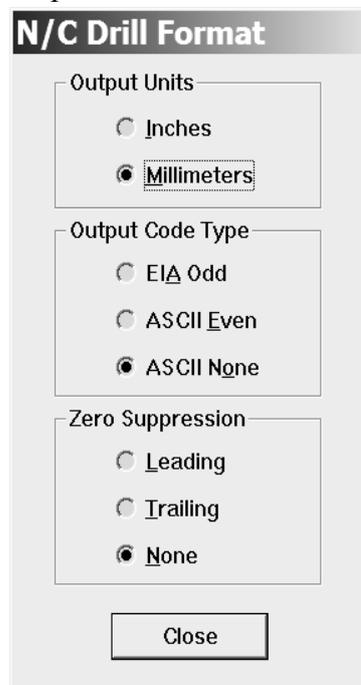


Рис. 1.14. Задание формата выходного файла

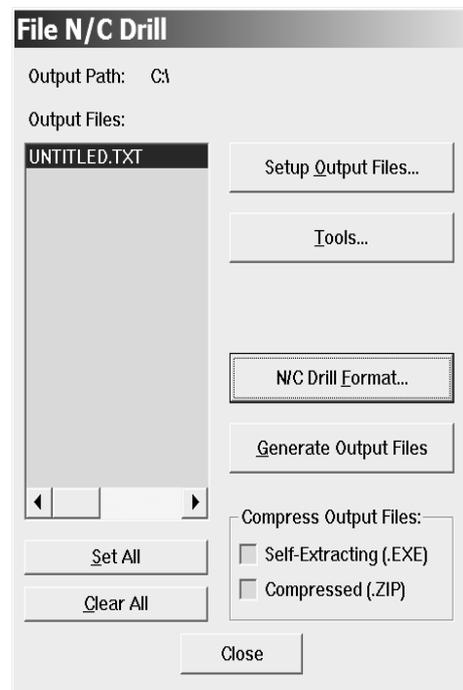


Рис. 1.15. Создание выходного файла

Содержание отчёта

1. Цель лабораторной работы.
2. Представить чертёж исходной платы устройства. Указать выделенные группы отверстий.
3. В прил. А к отчёту по лабораторной работе привести принципиальную электрическую схему устройства.
4. В прил. Б к отчёту по лабораторной работе представить чертёж печатной платы.
5. В прил. В к отчёту по лабораторной работе привести текст полученной программы с использованием САПРР-CAD.
6. В прил. Г к отчёту по лабораторной работе привести текст полученной программы с использованием САПРР-CAD для размещения контактных площадок и сверления отверстий печатных плат на станках с ЧПУ.
7. Выводы о результатах лабораторной работы.

Контрольные вопросы

1. Какие функции выполняют станки с числовым программным управлением?
2. Как устроен станок с ЧПУ?
3. Что включает структура управляющей программы для станков с ЧПУ?
4. Что входит в комплект документации на технологические процессы, выполняемые на станках с ЧПУ?
5. Какие операции выполняются в программе САПРР-CAD?
6. Что включает структура управляющей программы для станков с ЧПУ в формате N/CDrill?