

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ



**Таганрогский государственный  
радиотехнический университет**

РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

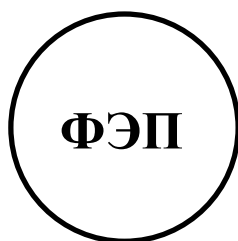
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ  
И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР OrCAD 9.1  
И ПРОГРАММЫ АСОНИКА-Т**

по курсам

**Основы проектирования электронных средств  
Схемотехника электронных средств  
Дипломное проектирование**

КАФЕДРА КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Для студентов специальностей 2205, 2019



Таганрог 2004

УДК 658.512.2.011.5:621.396.6 (076.5)+  
621.396.6.001.2 – 52 (076.5)

Составители: Е.Б.Лукияненко, Е.Т.Замков.

Руководство к лабораторной работе «Проектирование печатных узлов и исследование их тепловых режимов с использованием САПР OrCAD 9.1 и программы АСОНИКА-Т» по курсам «Основы проектирования электронных средств», «Схемотехника электронных средств», «Дипломное проектирование». Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. 27 с.

В работе излагаются сведения, необходимые для проектирования печатных узлов в САПР OrCAD 9.1, создания управляющих файлов для фотоплоттера и сверлильных станков, а также расчета тепловых режимов элементов, расположенных на печатной плате, с использованием отечественной программы АСОНИКА-Т. Приведены варианты заданий, содержащих схемы узлов для проектирования печатных плат и расчета тепловых режимов.

Ил. 24. Библиогр. : 4 назв.

Рецензент О.Н. Негоденко, канд. техн. наук., профессор кафедры МЭТ БИС ТРТУ.

# 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

## 1.1. Создание проекта

Для проектирования печатной платы первоначально запускается программа Capture CIS САПР OrCAD 9.1. Далее по команде File/New/Project (значок команданды ) создается проект Analog or Mixed – Signal Circuit. Тип проекта указывается в диалоговом окне (рис. 1) в поле Create a New Project Using. В строке Name записывается имя проекта, в строке Location создается каталог для размещения файлов проекта. Имя проекта, имена директорий пишутся английскими буквами. Нажимается ОК.

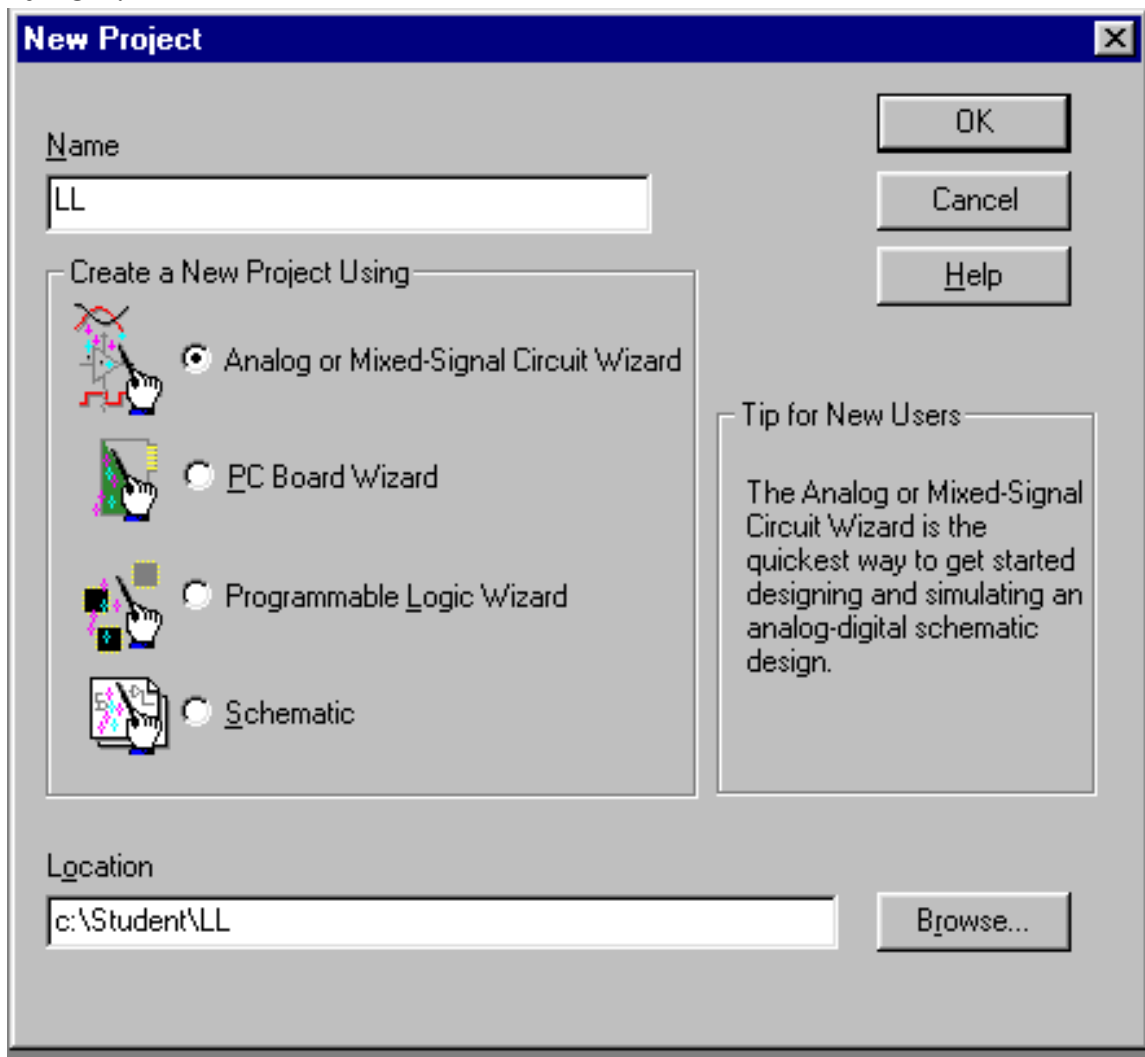


Рис. 1

В следующем окне нажимается кнопка «Готово» и открывается редактор схем (рис. 2).

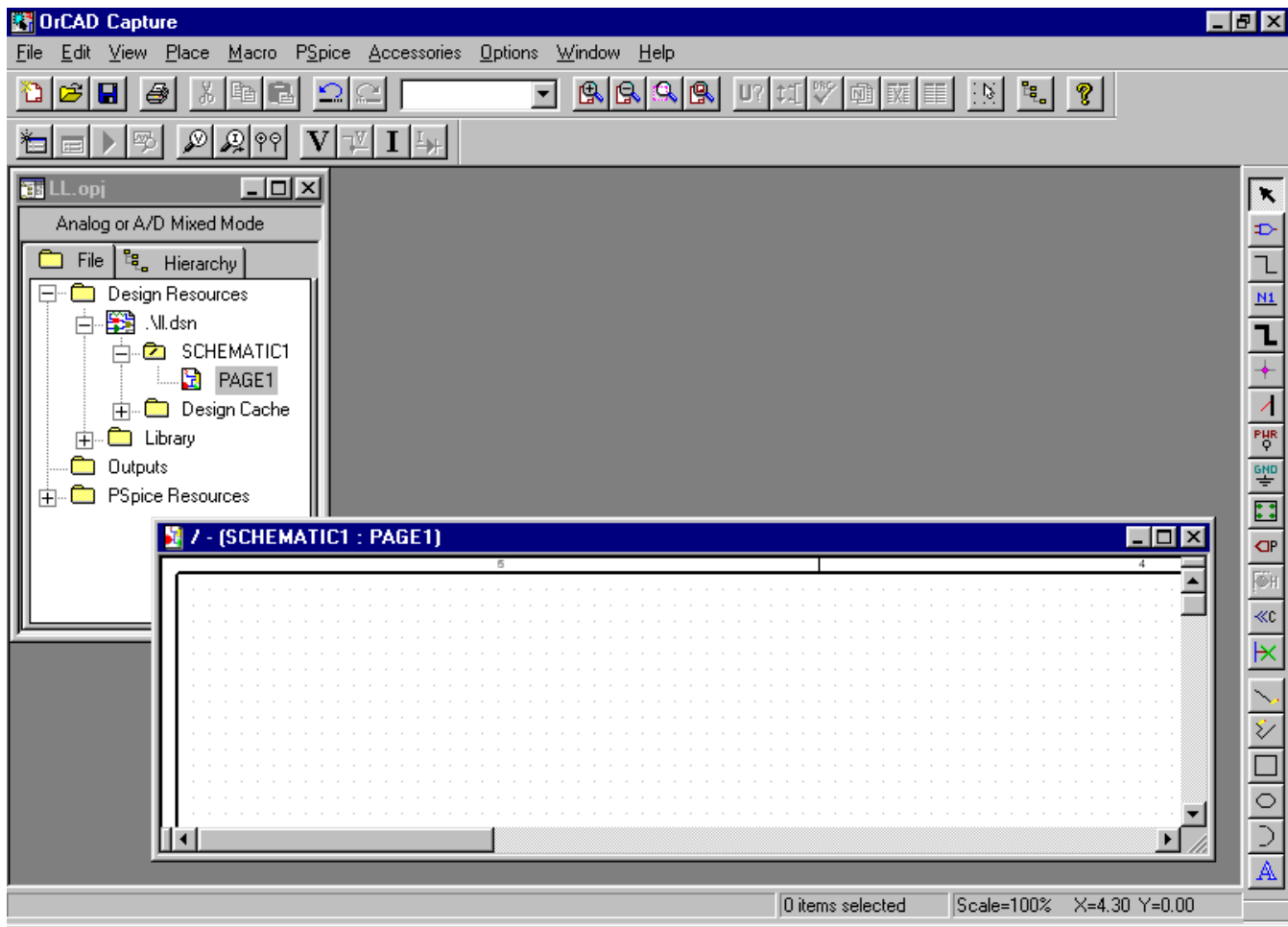



Рис. 2

## 1.2. Ввод электрической схемы

### 1.2.1. Размещение компонентов

Компоненты размещаются по команде Place / Part (значок ). В диалоговом окне (рис.5) сначала в поле Libraries выбирается имя библиотеки, содержание которой отображается на панели Part. Для добавления библиотек нажимается кнопка Add Library и добавляется необходимая библиотека. Далее выбирается имя конкретного компонента (его изображение отображается в окне), нажимается ОК и символ компонента переносится на схему. Место установки компонента фиксируется щелчком левой кнопки мыши (ЛКМ).

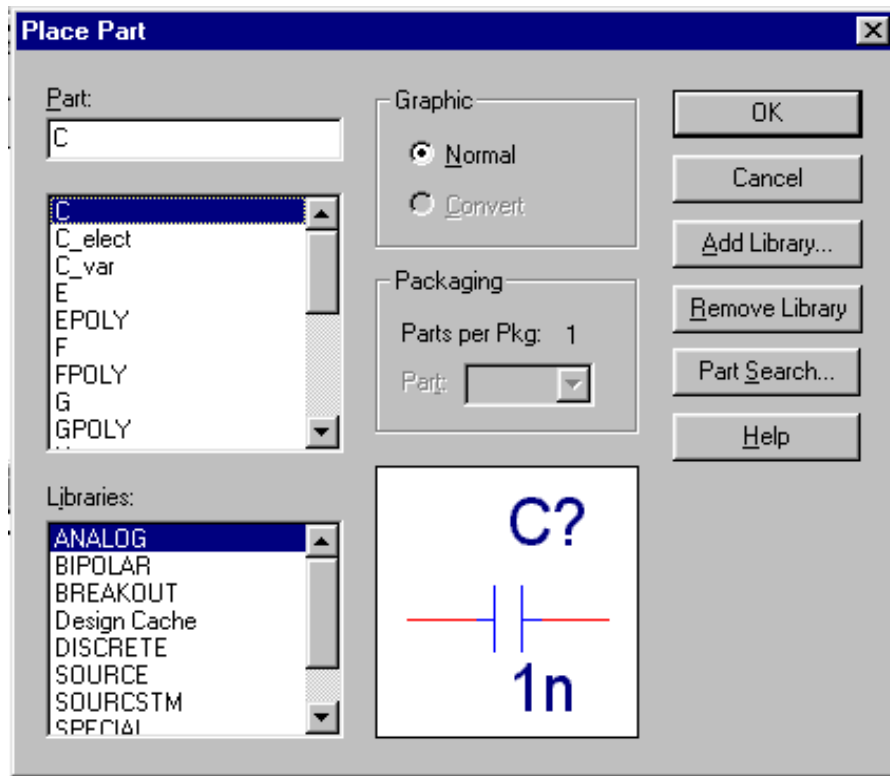



Рис. 3


Завершение размещения компонента производится в контекстном меню, вызываемом щелчком правой кнопкой мыши (ПКМ), и выбором команды End Mode. В контекстном меню компонент можно повернуть (Rotate), зеркально отобразить (Mirror), редактировать свойства (Edit Properties) и др. Выводы размещаемых компонентов не должны соприкасаться друг с другом, а должны соединяться проводниками!

Если подключение входных и выходных сигналов, шин питания и «земли» к печатной плате (ПП) осуществляется через разъем, устанавливаемый на ПП, то на электрическую схему помещаются группы контактов, расположенные в библиотеке ...Capture \ Library \ Lec \ Header типа MSV2...MSV30 и имеющих от 2 до 30 выводов.


### 1.2.2. Соединение элементов

Установленные элементы соединяются согласно принципиальной электрической схеме проводниками по команде Place / Wire (значок команды ). Начало ввода цепи отмечается щелчком ЛКМ. Цепь прокладывается движением курсора. Каждый излом фиксируется щелчком ЛКМ. Ввод цепи завершился, если ее конец совпадает с выводом компонента или любой точкой другой цепи. Если Вы не попали курсором на вывод компонента, то появляется предупреждение в виде восклицательного знака. Если при этом завершить проведение цепи, то соединения не будет. Режим ввода цепи завершается нажатием клавиши ESC или выбором команды End Wire в контекстном меню, открываемом щелчком ПКМ.

Чтобы уменьшить насыщенность чертежа соединительными линиями, можно нарисовать только небольшие отрезки начальной и конечной цепи и присвоить этим

цепям одинаковые имена. Имена цепям присваиваются по команде Place / Net Alias (значок команды ). Проставив в появившемся окне произвольное имя цепи и нажав ОК, подводят этот номер к цепи так, чтобы он располагался сверху или справа от цепи и касался ее. Нажимается ЛКМ.

### 1.2.3. Простановка позиционных обозначений компонентов

Позиционные обозначения компонентов проставляются автоматически при вводе компонента. Однако если Вы скопировали компонент, то позиционное обозначение не изменяется и, таким образом, на схеме два элемента будут иметь одинаковые позиционные обозначения, что недопустимо. При вводе элементов на этот факт можно не обращать внимание, а после создания схемы заново проставить позиционные обозначения. Для этого, выделив в менеджере проектов строчку с именем схемы \*.dsn, выполняется команда Tools/Annotate (значок команды ). Открывается окно, приведенное на рис. 4.

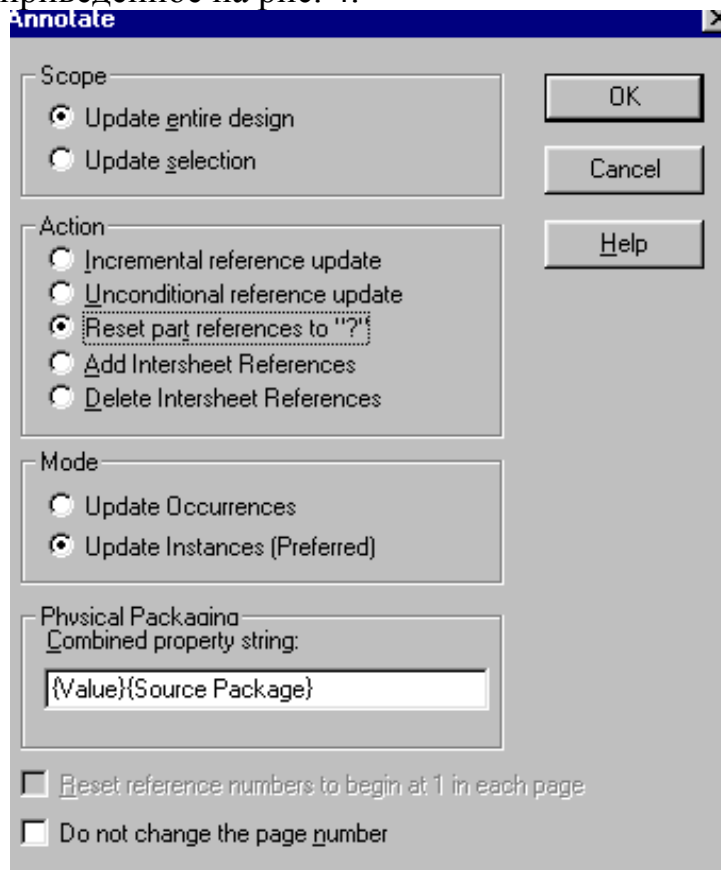



Рис. 4

В поле Scope задается Update entire design (обновить позиционные обозначения всего проекта), в поле Action – Reset part reference to “?” – замена номеров компонентов на знак «?». Нажимается ОК. После этого вновь вызывается окно рис.7 и в поле Action выбирается строчка Increment reference update – обновить позиционные обозначения, у которых проставлен знак «?». Номера компонентов после задания этой команды увеличиваются на единицу. Позиционные обозначения компонентов автоматически проставляются слева направо, сверху вниз.

### 1.2.4. Выявление ошибок в схеме

Для выявления ошибок в схеме выполняется команда Tools / Design Rules Check (значок команды ). Команда активна при выделенной строке в менеджере проектов с именем схемы \*.dsn. Отчет о проверке заносится в файл \*.drc и дублируется в файле протокола Session Log. В отчет заносятся сообщения о нарушениях правил проектирования.

### 1.2.5. Создание списка соединений

По команде Tools / Create Netlist создается список соединений. В окне (рис. 5) выбирается формат Layout и устанавливается английская система измерений Inches (дюймы). Нажимается ОК. В результате создается файл \*.mnl со списком соединений. После чего закрывается проект и модуль Capture CIS.

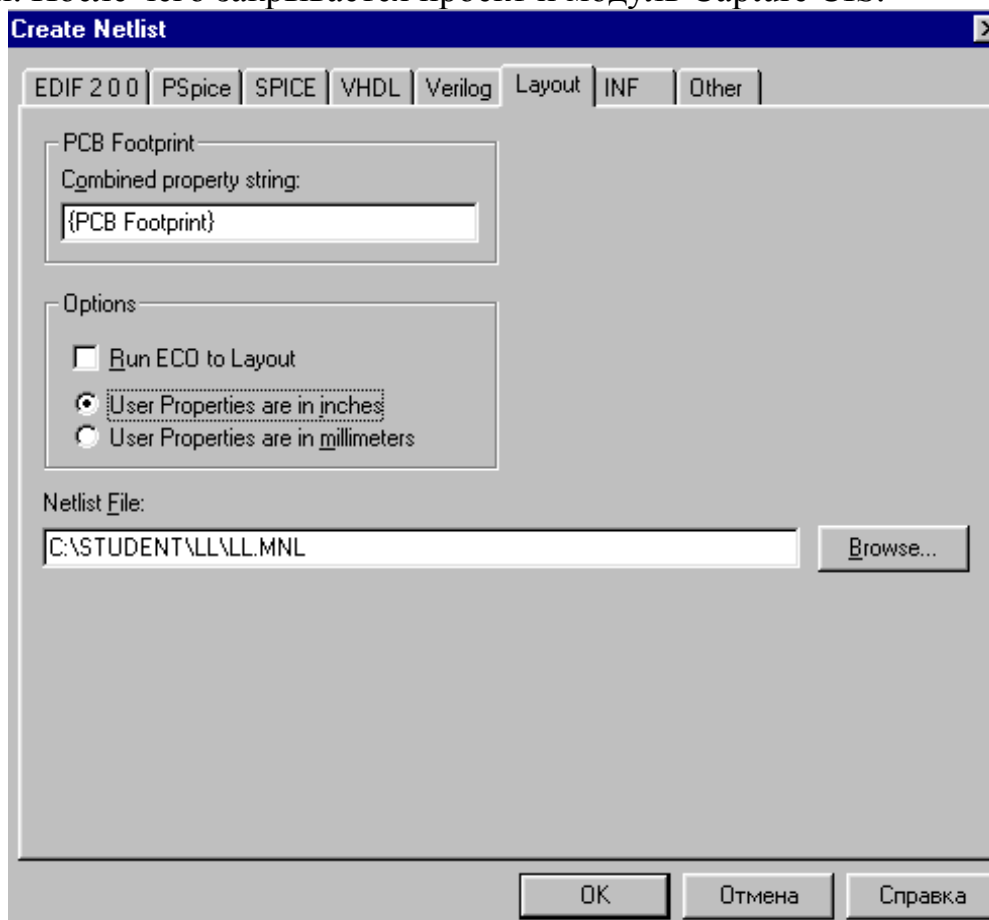


Рис. 5

## 1.3. Упаковка схемы на печатную плату

Разработка ПП начинается с загрузки модуля Layout Plus. Далее выполняется команда File / New. В диалоговом окне запрашивается имя технологического шаблона. В шаблоны заложены различные технологические нормы. Например:

- 1bet\_any.tch – установка компонентов с планарными и штыревыми выводами. Между выводами DIP-корпуса прокладывается один

проводник. Ширина проводника и технологические зазоры равны 0,3 мм;

- 2bet\_any.tch – установка компонентов со штыревыми выводами. Между выводами DIP-корпуса можно провести две трассы. Ширина трасс и технологические зазоры равны 0,2 мм.

Выбирается нужный шаблон (обычно 1bet\_any.tch) и нажимается кнопка «Открыть». В следующем окне указывается имя файла списка соединений \*.mnl из рабочего проекта. Нажимается кнопка «Открыть». В последнем окне устанавливается имя файла создаваемой ПП \*.max. Нажимается кнопка «Сохранить».

В процессе загрузки списка соединений (упаковка схемы на ПП) для каждого условного графического обозначения элемента схемы отыскивается в библиотеке корпусов компонентов соответствующий корпус. Если обнаружится компонент, не имеющий ссылок на корпус, то выводится диалоговое окно для определения корпуса (рис. 6), в котором в верхней строке указано имя компонента, для которого надо подобрать корпус.

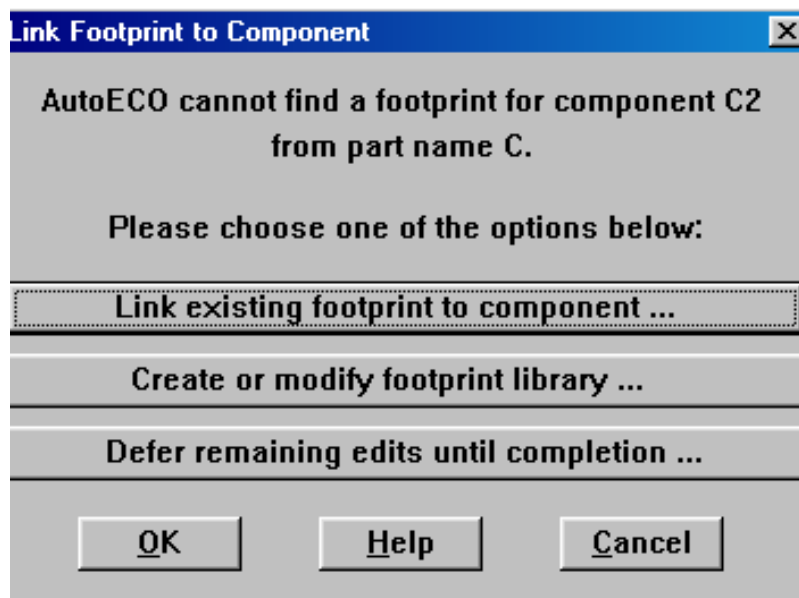


Рис. 6

В этом окне надо щелкнуть ЛКМ на панели Link existing footprint to component (укажите имя существующего корпуса для компонента), в следующем окне выбрать библиотеку и в ней – нужный корпус.

Иногда желательно, чтобы в процессе загрузки списка соединений выводился запрос на выбор типа корпуса вместо автоматической установки неподходящего корпуса. Для этого необходимо открыть файл ...OrCAD \ Layout\_Plus \ Data \ User.prt, содержащий пользовательский каталог соответствия типа корпуса и имени компонента, и удалить строку с этим соответствием.

Результаты загрузки списка соединений на ПП показаны на рис. 7.



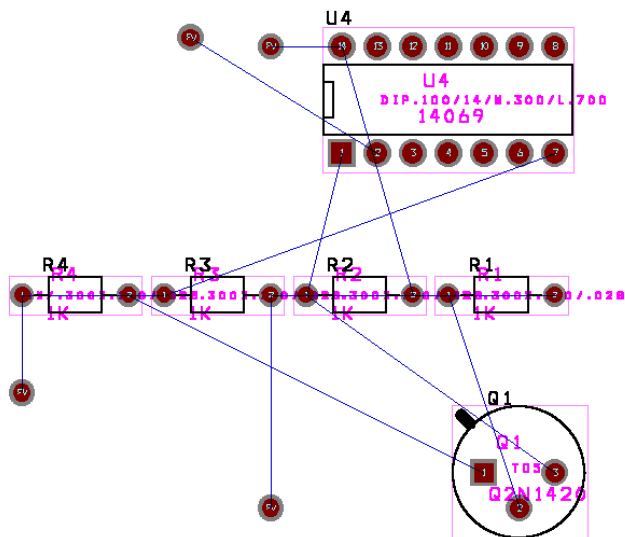


Рис. 7

#### 1.4. Задание технологических норм на печатную плату

Если какие-либо параметры технологического шаблона не подходят пользователю, их можно изменить.

Глобальные параметры проекта (система единиц, шаг сетки размещения компонентов, шаг сетки привязки и др.) устанавливаются в диалоговом окне (рис. 8), открываемом по команде Options / System setting .

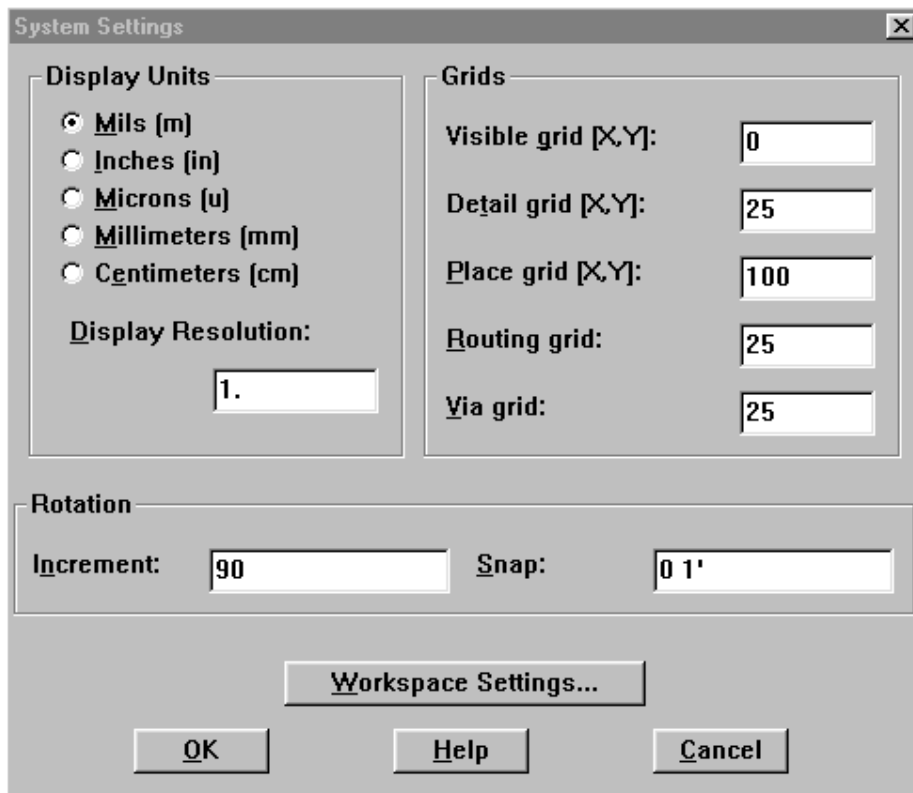


Рис. 8

По умолчанию устанавливается английская система единиц mils (0,001 дюйма). Для перевода в миллиметры размеры, приведенные в mils, надо разделить на 40.


Слои, в которых будет производиться разводка проводников, задаются в диалоговом окне, открываемом по команде View / Database Spreadsheets / Layers (рис. 9). Слой, в котором производится разводка, отмечается Routing, отсутствие разводки – Unused.

Layer Name	Layer Hotkey	Layer NickName	Layer Type	Mirror Layer
TOP	1	TOP	Routing	BOTTOM
BOTTOM	2	BOT	Unused	TOP
GND	3	GND	Unused	[None]
POWER	4	PWR	Unused	[None]
INNER1	5	IN1	Unused	[None]
INNER2	6	IN2	Unused	[None]

Рис. 9

По умолчанию разводка производится в четырех слоях: TOP (верхний слой), BOTTOM (нижний слой), GND (земля) и POWER (питание). Для простых схем достаточно использовать разводку в двух слоях: TOP и BOTTOM. Чтобы убрать разводку в цепях GND и POWER, необходимо произвести двойной щелчок ЛКМ на типе слоя (Routing) и в открывшемся окне задать Unused Routing.


В центре экрана расположен пунктирный прямоугольник, окружающий область DRC Box, внутри которой при разработке ПП в автоматическом режиме соблюдаются все установленные технологические ограничения. Естественно, когда эта область совпадает с контуром ПП. Для задания новой области DRC Box выполняют команду View / Zoom DRC Route Box, устанавливают значок Z в один из углов ПП и, удерживая нажатой ЛКМ, перемещают значок диагонально в другой угол ПП. Для перемещения области DRC Box после выполнения команды View / Zoom DRC Route Box производится щелчок ЛКМ, после чего область DRC Box перемещается вместе с курсором.

Включение или выключение режима соблюдения технологических норм производится щелчком ЛКМ на значке . При выключенном режиме пунктирный прямоугольник исчезает. Управлять режимом DRC Box можно и командой Options / User Preferences. Включение режима производится простановкой галочки в строке Activate Online DRC.

### 1.5. Размещение компонентов на поле печатной платы

Сначала вычерчивается контур ПП по команде Tool / Obstacle / New. Нажав ЛКМ в одном из углов вычерчиваемой ПП и удерживая ее, перемещаем мышку по диагонали. Создается прямоугольный контур ПП. Толщину линии контура можно отредактировать в окне, открываемом после двойного щелчка ЛКМ на линии контура ПП.

Размещать компоненты можно вручную или автоматически. При ручном размещении надо выполнить команду выбора компонента: Tool / Component / Select

Tool (значок команды ). Затем выделить компонент щелчком ЛКМ на нем и перемещать компонент движением мышки. Для фиксации компонента нажать ЛКМ.

В автоматическом режиме размещение производится по команде Auto / Place / Board. Перед выполнением размещения можно задать правила размещения по команде Options / Placement Strategy. Можно необходимые компоненты перед автоматическим размещением зафиксировать на ПП (например, разъемы), выбрав компонент и в контекстном меню нажать ЛКМ на строчке Fix. Для расфиксирования компонента навести курсор на компонент и в контекстном меню выбрать команду Queue For Placement. В открывшемся окне удалить галочки в строках Exclude Locked и Exclude Fixed. Нажать ОК.

После автоматической расстановки компонентов, выделив компонент, можно просмотреть его связи с соседними компонентами, и, при необходимости, переместить его, повернуть, разместить на обратной стороне ПП и т.д. (команды из контекстного меню).

## 1.6. Автотрассировка проводников

Автотрассировка проводников производится по команде Auto/ Autoroute / Board. После окончания разводки плата увеличивается на весь экран по команде View / Zoom All и визуально оцениваются результаты трассировки. Если видно, что некоторые элементы расставлены неоптимальным образом, (например, их желательно переместить, повернуть и т.п.), можно отменить результаты трассировки (команда Auto / Unroute / Board) и переместить элементы вручную. Затем повторить разводку. Повторяя этот прием, можно добиться хороших результатов в трассировке проводников. Разведенная ПП показана на рис. 10.

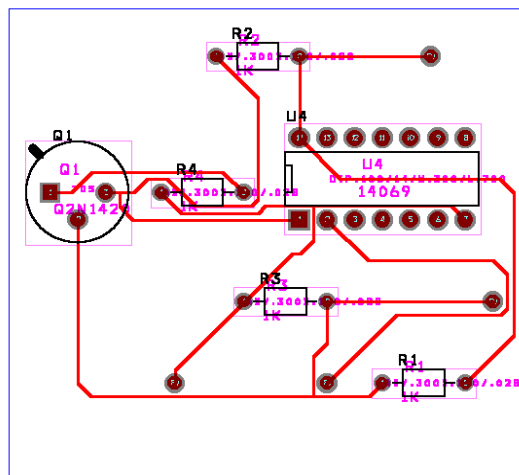


Рис. 10

В заключение можно перейти в метрическую систему единиц (по команде Options / System Settings) и проставить размеры ПП в миллиметрах по команде Tool / Dimension / New.

Разработанную ПП сохранить в формате Gerb Tool по команде Auto / Run Post Processor. В результате создается файл \*.gtd – база данных ПП в формате Gerb Tool.

В OrCAD 9.1 имеется возможность передавать данные из начального режима OrCAD Layout Plus в популярную программу Specstra по команде File / Export / Layout to Specstra. OrCAD Layout при этом используется лишь для загрузки списка соединений проекта, созданного в OrCAD Capture. Программа Specstra предназначена для автоматического или интерактивного размещения компонентов на ПП и автоматической или интерактивной трассировки проводников. Данные о разработанной плате передаются обратно в OrCAD Layout Plus по команде из начального режима File / Import / Specstra to Layout для выпуска документации и создания управляющих файлов для фотоплоттеров и сверлильных станков с ЧПУ.

## 2. ПРОГРАММА GERB TOOL

Программа Gerb Tool служит для создания управляющих файлов для фотоплоттера и сверлильных станков.

Для вызова программы Gerb Tool в начальном меню OrCAD Layout выполняем команду Tools / Gerb Tool / Open. Выбираем в меню созданный файл \*.gtd и нажимаем кнопку «открыть». Загружается файл ПП и таблица с характеристиками отверстий (рис. 11).

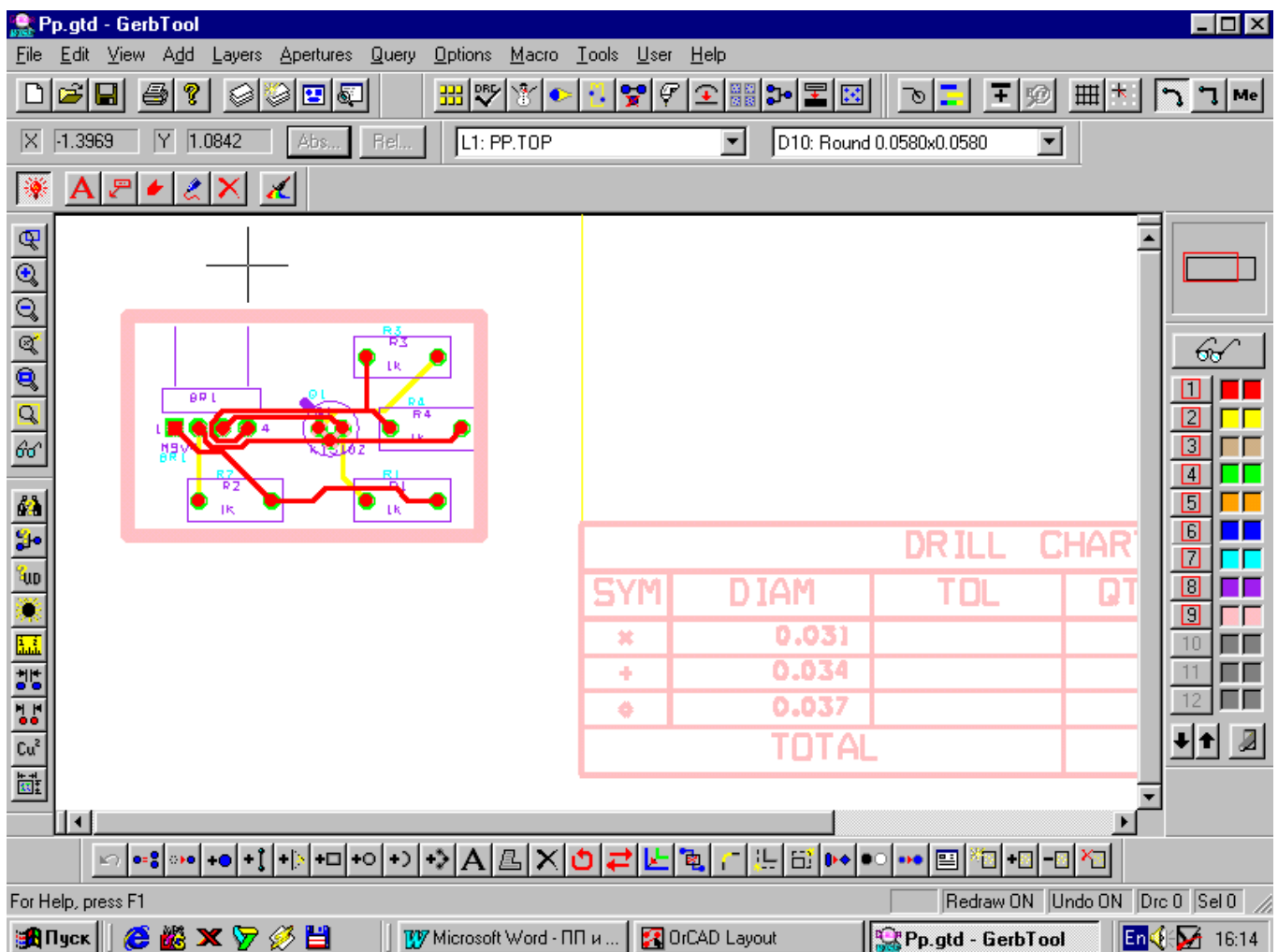


Рис. 11

По команде Layers / Edit открывается окно (рис. 12), в котором выбирается перечень слоев, для которых нужно создать управляющие файлы для фотоплоттера. Здесь же можно установить и цвета слоев.

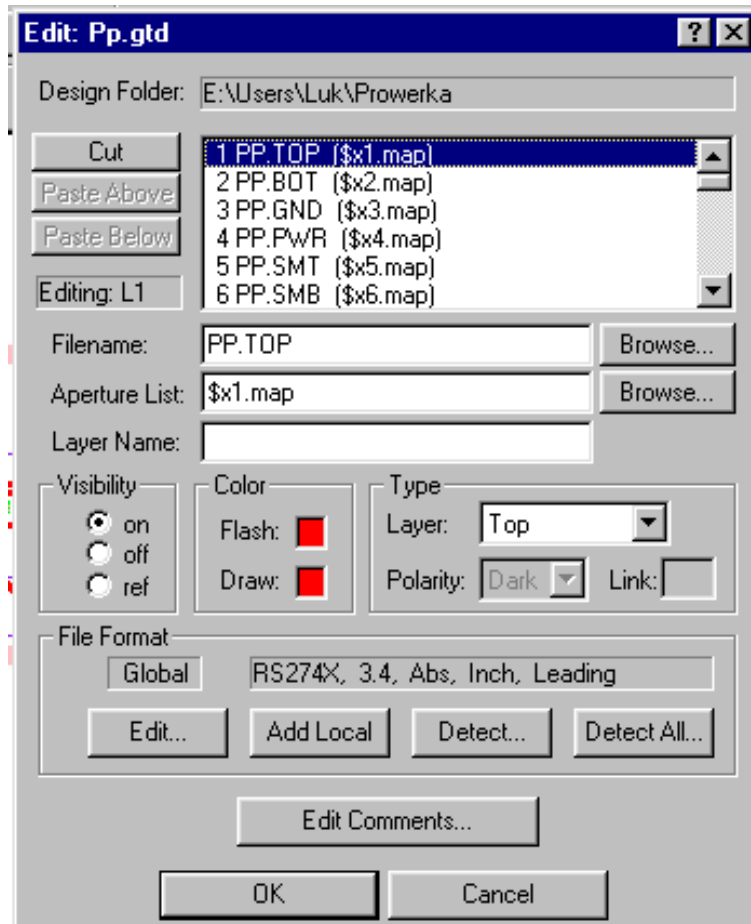


Рис. 12

Щелчком ЛКМ на номерах слоя (рис. 13) и иконки Redraw можно сделать видимыми только необходимые слои.



Рис. 13

По команде Options / Configure / Display можно выбрать цвет фона (кнопка Background Color).

По команде Apertures / Load загружается файл апертур из каталога ... \Layout Plus \ GTool \ Program, имеющий расширение \*.map.

Файл для управления сверлильными станками с ЧПУ создается по команде Tools / Drill / Save. В открывшемся окне (рис. 14) убрать галочку в строке Show Modified Files Only. В поле Layers выделить слой, для которого надо создать файл, управляющий фотоплоттером. В поле Aperture Lists указать требуемую апертуру. Поставить галочку в строке Save As. Нажать ОК. Записать имя файла. Например, korpusbot.gbr.

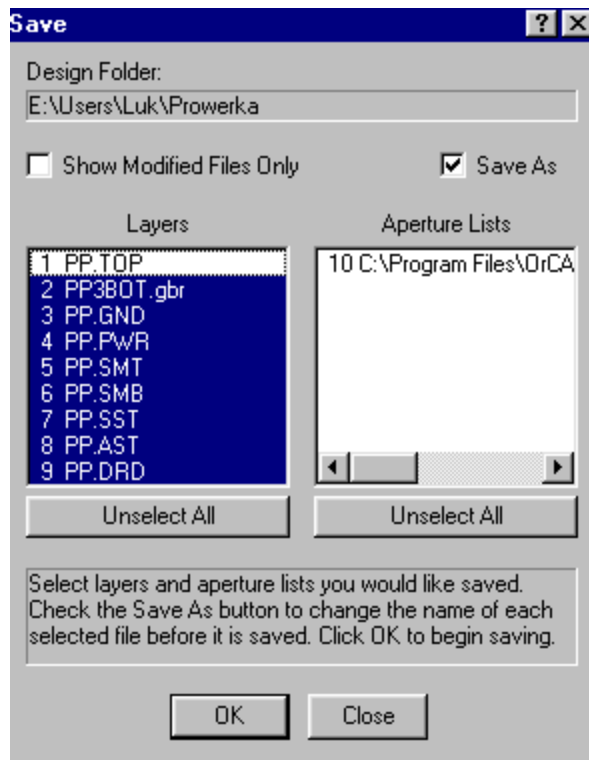


Рис. 14

По команде Query / Copper можно вычислить площадь металлизации на всех видимых слоях платы. Этот параметр необходим при расчете тепловых режимов, а также используется при производстве ПП.

### 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Исходная информация для расчета теплового режима ПП подготавливается на основе следующих данных:

- линейные размеры ПП;
- материал ПП;
- ориентация ПП в пространстве;
- информация о ЭРЭ, установленных на ПП;
- условия охлаждения ПП.

Выходной информацией являются температуры корпусов ЭРЭ, карта тепловых режимов, интегральные тепловые характеристики.

Для моделирования тепловых процессов могут использоваться различные программы теплового проектирования РЭА: Mentor Graphics, Beta Soft, TАС, Thermal Designer 98, FLOTHERM, COSMOS, PRAC, АСОНИКА-Т, ТРиАНА и др. Ниже рассматривается применение отечественного программного комплекса ТРиАНА, являющегося составной частью подсистемы АСОНИКА-Т, входящей в состав системы АСОНИКА (автоматизированная система обеспечения надежности и качества аппаратуры). В состав программного комплекса ТРиАНА-2.00 входят программы BoardEditor, Conv2triana, Triana. Программа по исходным данным в автоматическом режиме синтезирует модель тепловых процессов, по которой проводит моделирование его теплового режима. Ниже рассматривается следующий вариант применения компонентов комплекса: подготовка файла данных в графическом режиме средствами программы BoardEditor; автономный запуск математического ядра Triana и просмотр результатов моделирования средствами пост-процессора программы BoardEditor.

### 3.1. Подготовка данных средствами графического редактора BoardEditor

#### 3.1.1. Описание управляющей информации

Программа BoardEditor соответствует ярлыку «Редактор печатных плат». Открыть программу. По команде **Файл / Создать** открывается окно с управляющей информацией (рис. 15).

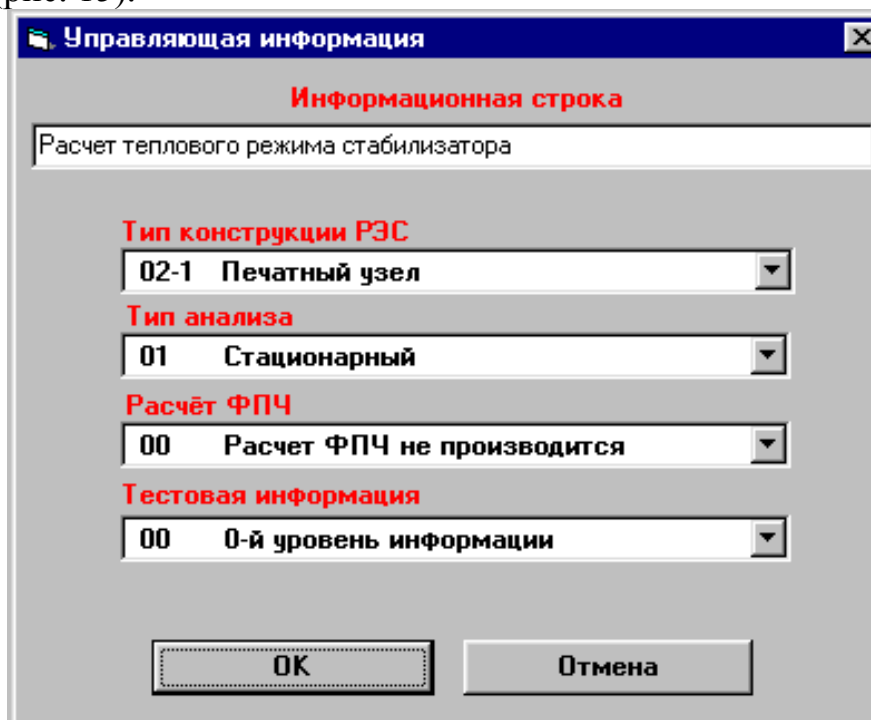


Рис. 15

В информационной строке указывается вид теплового анализа, в строке «Тип конструкции РЭС» выбирается «Печатный узел». В поле «Тип анализа» выбирается стационарный или нестационарный процесс. Остальные строки окна заполняются, как показано на рис. 15.

### 3.1.2. Геометрические и теплофизические параметры несущей конструкции

По команде **Функциональное меню / Размеры печатной платы** открывается окно (рис. 16), в котором необходимо проставить размеры печатной платы: длину (DPLX), ширину (DPLY), толщину (DPLZ). Размеры указываются в миллиметрах.

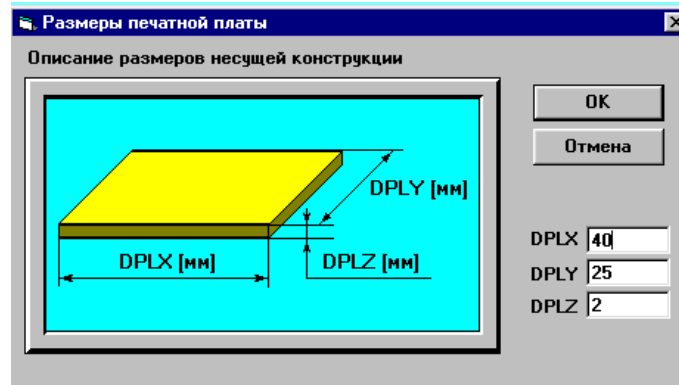


Рис. 16

Для демонстрационной версии программы максимальный размер ПП равен примерно  $150 \times 150 \text{ мм}^2$ .

По команде **Функциональное меню / Ориентация печатной платы в пространстве** (рис. 17) задается горизонтальная или вертикальная ориентации ПП в пространстве с нумерацией поверхностей 1 и 2. В дальнейшем компоненты устанавливаются на сторону 1 и (или) 2.

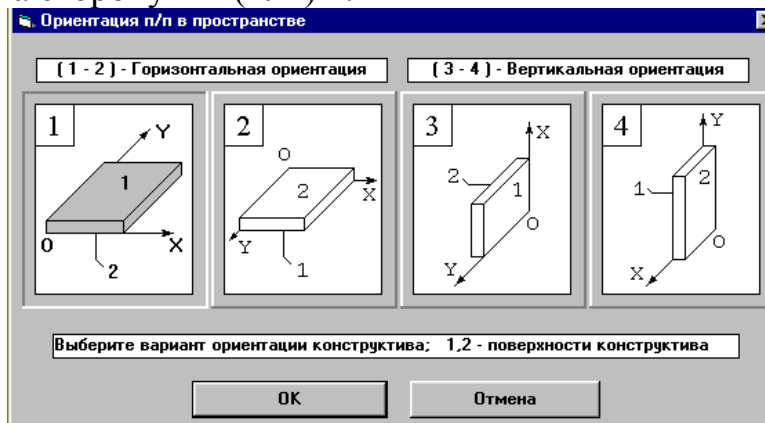


Рис. 17

По команде **Функциональное меню / ТФП материала печатной платы** выбирается материал ПП (обычно стеклотекстолит) и материал проводника. В окне «Теплофизические параметры материала ПП» (рис. 18) параметры, присущие выбранному материалу ПП, проставляются автоматически.



Наименование материала конструктива:	Стеклотекстолит	Справочник...
Коэффициент теплопроводности, [Вт/м/К]	0.30	
Плотность материала, [кг/м <sup>3</sup> ]	1650	
Удельная теплоемкость, [Дж/кг*К]	420	
Коэффициент черноты, [отн.ед.]	0.85	
Наименование материала проводников:	Медь	Справочник...
Кэф. теплопроводн. проводника, [Вт/м/К]	386	
Плотность проводника, [кг/м <sup>3</sup> ]	8930	
Удельн. теплоемк. проводника, [Дж/кг*К]	391	
Толщина проводников, [мкм]	35	
Кэф. площади проводников, [отн.ед.]	0.25	

Рис. 18

Пользователю необходимо задать параметр «Коэффициент площади проводников», который равен:

$$KЗПП = S1/S2,$$

где  $S1$  – суммарная площадь печатных проводников, расположенных на обеих сторонах ПП. Определяется в программе Gerb Tool.  $S2$  – площадь одной поверхности ПП.

### 3.1.3. Граничные условия

Граничные условия задаются по команде **Функциональное меню / Список граничных условий**. Эта команда позволяет для поверхностей 1 и 2 печатной платы задавать несколько зон локализации с различными типами граничных условий. Для вновь устанавливаемых граничных условий нажимается кнопка «Добавить». Появляется таблица со списком граничных условий (рис. 19).

1. Поверхность с заданной температурой.
2. Теплопередача через заданное тепловое сопротивление к поверхности с заданной температурой.
3. Контактный теплообмен к поверхности с заданной температурой.
4. Теплопередача через воздушную прослойку к поверхности с заданной температурой.
5. Излучение с плоской неразвитой поверхности на соседний КЭ.
6. Естественная конвекция в окружающий воздух и излучение на соседний КЭ с заданной температурой.
7. Вынужденная конвекция в окружающий воздух и излучение на соседний КЭ с заданной температурой.
8. Вынужденная конвекция и излучение в канале.

Рис. 19

После выбора граничного условия появляется таблица с параметрами граничного условия, которую необходимо заполнить (рис. 20).

Параметры граничных условий	
6. Естественная конвекция в окружающий воздух и излучение на соседний КЭ с заданной температурой.	
Средняя Т окружающего воздуха, [°C]	25
Средняя температура соседнего КЭ.[°C]	30
Давление воздуха, [мм.рт.ст]	760
<input type="button" value="ОК"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис. 20

Нажимаем ОК. После чего предлагается разместить граничное условие. Нажимаем ОК и граничное условие появляется на поле ПП. Его можно переместить или изменить его размеры, перетаскивая мышкой один из углов граничного условия. Затем в контекстном меню выбирается команда «Разместить».

Номер поверхности, над которой размещается граничное условие, указан в панелях пиктограмм (рис. 21).

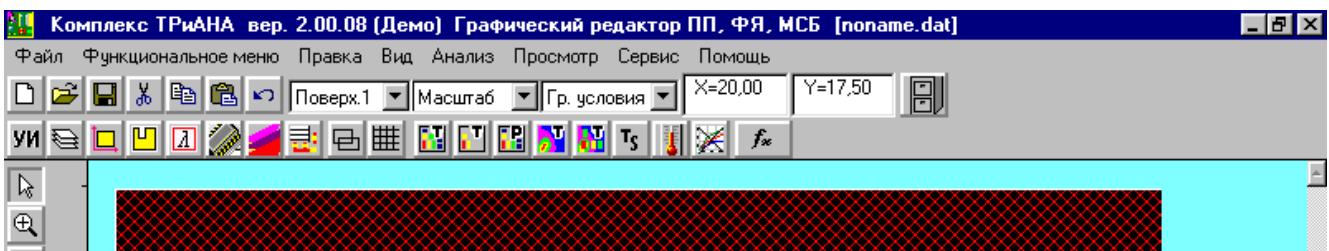


Рис. 21

### 3.2. Размещение электрорадиоэлементов

После задания исходной информации необходимо разместить электрорадиоэлементы (ЭРЭ) на поле ПП. Перед размещением ЭРЭ необходимо в панели пиктограмм перейти от «Гр. условия» к «ЭРЭ» (см. рис. 21). Размещение ЭРЭ производится по команде **Функциональное меню / Список радиоэлементов**. В открывшемся окне нажимается кнопка «Добавить» и в следующем окне (рис. 22), нажимая кнопку *База данных "Радиоэлементы"*, выбирается необходимый компонент из библиотеки. В окно (рис. 22) вводятся обозначение ЭРЭ и рассеиваемая им мощность. Нажимается ОК и в следующем окне нажимается кнопка «Разместить». Элемент устанавливается в необходимое место ПП перемещением мышкой при нажатой ЛКМ. Для визуализации элемента в

контекстном меню выбирается команда «Разместить» или производится щелчок ЛКМ на свободном поле ПП.

**Параметры ЭРЭ**

Обозначение ЭРЭ:  База данных "Радиоэлементы"  
 Типономинал ЭРЭ:  1 Расчет теплофизических парам. ЭРЭ  
 Круглый  
 Размер по оси OX, мм:   
 Размер по оси OY, мм:   
 Размер по оси OZ, мм:   
 Мощность, мВт:   
 Rтк, К/Вт:   
 Rтв, К/Вт:   
 Tmax, °C:   
 Kчерн, отн.ед.:   
 Площадь ЭРЭ, мм.кв.:   
 Теплоемкость ЭРЭ, Дж/К:

Координата по X, мм:   
 Координата по Y, мм:

**вариант 1**

$\lambda_{в}$ [Вт/м/К]      кол-во выводов

Наименование параметра	Значение
Высота (h), мм	9.8
Диаметр (B), мм	8.8
Длина корпуса (C), мм	18.5
Длина выводов (L), мм	7
Длина проекции выводов на OX (dL), мм	2
Диаметр выводов (dB), мм	1
Кэф. теплопр. выводов (LamB), Вт/м/К	100
Колич-во выводов (kolv), шт.	2
Масса резистора (Mel), г	3.5
Удельная теплоемкость резистора (Cud), Дж/К/г	.8
Интенсивность отказов *E-6 (Lotk), 1/ч	.01
Кэф. жестк. крепления (Kg), отн.ед.	1
Допустим. уровень вибрации (Avd), g	40
Допустим. уровень многократ-х ударов (Aumd), g	150
Допустим. уровень одиночных ударов (Aumd), g	1000


Рис. 22

В окне «Параметры ЭРЭ» компонент можно выбирать не из базы данных, а задавать его геометрические размеры по осям X, Y, Z, рассеиваемую им мощность, максимально допустимую температуру  $T_{\max}$ , коэффициент черноты поверхности  $K_{\text{черн}}$ , площадь ЭРЭ.

Чтобы изменить размеры библиотечного элемента, надо сначала разместить какой-либо компонент на поле ПП (можно задублировать предварительно этот элемент) и затем из контекстного меню выбрать команду «Свойства». Тогда можно менять геометрические параметры компонента в окне (см. рис. 22). После изменения геометрических размеров компонента нажимается кнопка «Расчет параметров».

Вместо команды «Свойства» можно выполнить команду из контекстного меню «Задать параметры». В открывшемся окне нажать на кнопку «Расчет теплофизических параметров ЭРЭ». Задать тип ЭРЭ, вариант установки, варианты корпуса и выводов. Нажать ОК. В окне (см. рис.22) ввести параметры компонента и нажать кнопку «Расчет параметров».

### 3.3. Анализ теплового режима печатного узла

После установки всех элементов выполняется команда **Анализ / Тепловой анализ печатного узла**. Значок команды —  (Моделирование теплового режима). По этой команде рассчитываются тепловые режимы элементов, расположенных на ПП. Можно просмотреть разнообразные тепловые режимы по командам из меню **Просмотр** (рис. 23) или выбирая соответствующие пиктограммы.

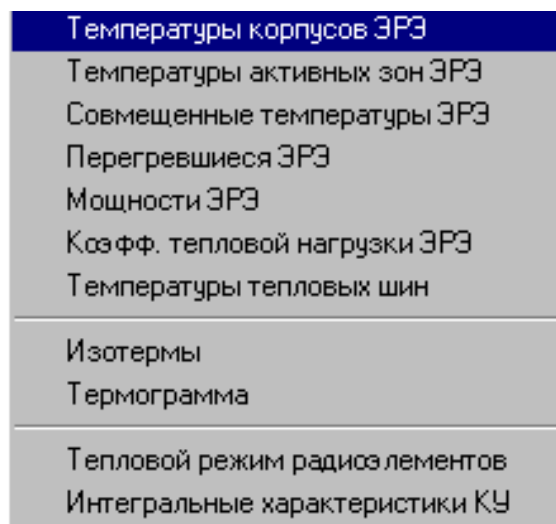


Рис. 23

Сводные сведения о тепловом режиме элементов содержатся в пункте «Тепловой режим радиоэлементов» (рис. 24).

Типо-номинал ЭРЭ	Темпер-ра корпуса ЭРЭ, °С	Темпер-ра активной зоны (P-N перехода) ЭРЭ, °С	Темпер-ра КУ в месте установки ЭРЭ, °С	Темпер-ра ЭРЭ макс. допуст-я, °С	Кэфф-т тепловой нагрузки, отн.ед.	Перегрев ЭРЭ, °С
R1	77.80	77.80	71.54	125.00	0.62	
DD1	30.74	30.74	25.00	120.00	0.26	
DD2	32.85	32.85	25.00	120.00	0.27	
DD3	63.56	63.56	60.37	120.00	0.53	
R2	116.06	116.06	86.54	125.00	0.93	
R3	70.88	70.88	66.00	125.00	0.57	
R4	58.17	58.17	55.84	125.00	0.47	
R10	214.52	214.52	124.24	125.00	1.72	89.5%

Закреть

Рис. 24

### 3.4. Расчет температур корпуса и нагретой зоны

Для ПП, расположенных в корпусе, наиболее часто используются граничные условия №4: теплопередача через воздушную прослойку к поверхности с заданной температурой и №6 – естественная конвекция в окружающий воздух и излучение на соседний конструктивный элемент с заданной температурой. Для этих граничных условий необходимо рассчитать температуру корпуса.

Температуру корпуса можно определить с помощью описываемой программы. Для этого на поверхности, площадь которой равна суммарной площади корпуса, расположить равномерный источник тепла (вариант задания размеров компонента, площадь которого равна площади корпуса). Рассеиваемая мощность источника тепла равна сумме мощностей источников тепла на ПП. Задавая граничное условие №6, определить температуру поверхности источника тепла, которая соответствует температуре корпуса. В граничном условии задавать температуры, (в том числе и температуру соседнего конструктивного элемента), равные температуре среды.

Если ПП расположена в корпусе и используется граничное условие №6, то требуется ввести температуру соседнего конструктивного элемента, температуру окружающего воздуха и давление окружающей среды. Температура соседнего конструктивного элемента равна температуре корпуса. Температура окружающей среды равна температуре нагретой зоны. Температуру нагретой зоны можно определить аналогично методике расчета температуры корпуса: разместить на всей поверхности ПП равномерный источник тепла с мощностью, равной мощности источников тепла. Расположить над ПП граничное условие №6. В качестве температуры окружающей среды и температуры соседнего конструктивного элемента проставить температуру корпуса. Рассчитанная температура источника тепла будет равна температуре нагретой зоны.

Если расстояние между ПП и корпусом невелико (5 – 10 мм), то при расчете температуры нагретой зоны можно использовать граничное условие №4. На ПП плате расположить равномерный источник тепла, задать параметры для граничного условия №4: толщину воздушной прослойки и температуру поверхности, которая равна температуре корпуса.

Толщину нагретой зоны можно определить по формуле:

$$d = V_{эл} / S_{ПП},$$

где  $V_{эл}$  – объем элементов, расположенных на ПП,  $S_{ПП}$  – площадь ПП. Расчетную толщину  $d$  использовать при определении толщины воздушной прослойки.

## 4. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Разработать конструкцию печатного узла. Представить к отчету послойное изображение проводников и компоновочный эскиз ПП, полученные в программе Gerb Tool.

2. Провести исследование теплового режима печатного узла. Рассчитать температуру корпусов элементов и тепловые поля.

Вариант схемы получить у преподавателя.

## Контрольные вопросы

1. Как создаются различные виды проекта?
2. Как вводится электрическая схема?
3. Как проставляются и обновляются позиционные обозначения элементов?
4. Как выявляются ошибки в схеме?
5. Как создается список соединений для проектирования ПП?
6. Как производится упаковка схемы на ПП?
7. Как задаются технологические нормы на ПП?
8. Как размещаются элементы на ПП?
9. Как производится трассировка проводников?
10. Как сохраняется ПП в формате Gerb Tool и в формате Specetra?
11. Порядок работы с программой Gerb Tool.
12. Входная информация для расчета тепловых режимов ПП.
13. Подготовка данных в редакторе Board Editor.
14. Какие геометрические и теплофизические параметры конструкции используются в программе?
15. Какие граничные условия можно задавать в программе Асоника-Т?
16. Как производится выбор и размещение электрорадиоэлементов?
17. Как производится анализ тепловых режимов ПП?
18. Как рассчитываются температуры корпуса и нагретой зоны?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разевиг В.Д. Система проектирования цифровых устройств OrCAD. – М.: «Солон-Р», 2000.
2. Лукьяненко Е.Б. Ивченко В.Г., Лещенко А.В. Проектирование цифровых и аналого-цифровых узлов в САПР OrCAD 9.1. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. №3180.
3. Исследование тепловых характеристик РЭС методами математического моделирования: Монография /В.В.Гольдин и др.; Под ред. А.В.Сарафанова. – М.: Радио и связь, 2003.
4. Спиридонов Б.Г., Иванцов В.В., Замков Е.Т., Королев А.В. Разработка печатного монтажа в автоматическом режиме с использованием САПР Mentor Graphics. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. №3120.

**Лукьяненко Евгений Борисович  
Замков Евгений Терентьевич**

**Руководство к лабораторной работе**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ  
И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР OrCAD 9.1  
И ПРОГРАММЫ АСОНИКА-Т**

по курсам

**Основы проектирования электронных средств  
Схемотехника электронных средств  
Дипломное проектирование**

Ответственный за выпуск Лукьяненко Е.Б.  
Редактор Проценко И.А.  
Корректор Надточий З.И.

ЛР 020565 от 23.06.1997 г. Подписано к печати 15.02.2004 г.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Формат 60 x 841/16.

Усл. п. л. – 1,7 Уч.- изд. л. – 1,6

Заказ N Тир. 150 экз.

“С”

---

Издательство Таганрогского государственного  
радиотехнического университета  
ГСП 17А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44  
Типография Таганрогского государственного  
радиотехнического университета  
ГСП 17А, Таганрог, 28, Энгельса, 1