

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова»
(КБГУ)

Институт электроники, робототехники и искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП
А.Шамис Р.Ш. Тешев

« 12 » февраля 2026 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.ДВ.08.01 «Основы компьютерного проектирования РЭС»

Специальность

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Специализация

Радиоэлектронные системы передачи информации

Квалификация (степень) выпускника

Инженер

Форма обучения

Очная

Нальчик 2025

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1

Код и формулировка компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУН)
ПК-1 Способен к обработке результатов измерений с использованием средств вычислительной техники, основ математического обеспечения и программирования.	ПК-1.1. Способен проводить анализ и обобщать материал по использованию современных баз данных, технологиям	Знать: способы проведения анализа и обобщения материалов по использованию современных баз данных, технологиям автоматической обработки информации.
	баз данных, технологиям автоматической обработки информации.	Уметь: использовать и подключать устройства для расширения возможностей вычислительной техники.
	ПК-1.2. Способен изучать, использовать и подключать устройства для расширения возможностей вычислительной техники. ПК-1.3. Способен определять приоритетные методы обработки результатов тестирования и выбирать рациональные условия работы для практического использования радиоэлектронных систем.	Владеть: способами определения приоритетных методов обработки результатов тестирования и выбора рациональных условий работы для практического использования радиоэлектронных систем.

2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения

2.1 Текущий контроль

Оценка результатов текущей успеваемости в рамках контрольных точек осуществляется посредством 70-балльной системы, при этом за добросовестное посещение занятий обучающийся может набрать до 10 баллов, за качественное прохождение оценочных мероприятий - до 60 баллов.

Таблица 2

**Карта распределения рейтинговых баллов в рамках текущего
контроля в 5 семестре**

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1	Лабораторная работа №1 «Проектирование топологии печатных плат».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки. 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.
2	Лабораторная работа №2 «Создание принципиальных электрических схем в P-CAD».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки. 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.

3	Лабораторная работа №3 «Трассировка печатной платы».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки. 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.
4	Лабораторная работа №4 «Размещение областей металлизации».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки. 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.
5	Лабораторная работа №5 «Расчет параметров электрических схем в Mathcad».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания

					<p>выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно.</p> <p>2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки.</p> <p>1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки.</p> <p>0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.</p>
6	Лабораторная работа №6 «Моделирование элементов электрических схем в Mathcad».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	<p>5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы;</p> <p>4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны;</p> <p>3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно.</p> <p>2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки.</p> <p>1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки.</p> <p>0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.</p>
7	Тесты по 1 контрольной точке	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	5	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
8	Тесты по 2 контрольной точке	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	5	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
9	Коллоквиум по 1 контрольной точке	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	10	<p>10– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична;</p> <p>8 – ответы в основном</p>

					правильные, но содержат незначительные ошибки; 6- ответы недостаточно полные; 4 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов; 2-ответы не на все вопросы, частичные. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
10	Коллоквиум по 2 контрольной точке	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	10	10– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 8 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки; 6- ответы недостаточно полные; 4 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов; 2-ответы не на все вопросы, частичные. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
	Итого:			60	

Карта распределения баллов в рамках промежуточной аттестации

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1	Экзаменационная работа	Устный опрос	Билет содержит 2 теоретических вопроса. На теоретические вопросы студент должен ответить устно.	Теоретические вопросы – 30 баллов.	Критерии оценивания теоретических вопросов: 25 до 30 баллов. Глубокий уровень владения материалом, точное знание ключевых концепций, способность

					<p>анализировать и интерпретировать факты, грамотно строить высказывания, привести примеры, свободно оперировать терминологией.</p> <p>От 19 до 24 баллов: Базовое владение предметом, умение последовательно раскрыть основную мысль вопроса, грамотное применение терминов, наличие существенных элементов анализа и обобщений, но недостаточное развертывание или отдельные неточности.</p> <p>От 13 до 18 баллов: Частичное освоение материала, попытка объяснить основной смысл вопроса, использование некоторых базовых терминов, но отсутствие глубокого понимания сложных моментов, логические недостатки изложения, отсутствие выводов.</p> <p>От 7 до 12 баллов: Ошибочные представления, слабо выраженное владение основными понятиями, значительные затруднения в интерпретации вопросов, существенные фактологические ошибки, отсутствие обоснованных выводов и примеров.</p> <p>От 0 до 6 баллов: Полное непонимание темы, неспособность сформулировать адекватный ответ, грубые ошибки, несоответствие требованиям задания.</p>
--	--	--	--	--	--

3. Оценочные материалы для текущего и промежуточного контроля успеваемости
3.1. Оценочные материалы для текущего контроля

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Цель работы: научиться проектировать топологию печатных плат.

Краткая теория

Существует два основных способа проектирования ПП.

Первый, наиболее простой для освоения и наиболее приемлемый для проектирования несложных плат, назовем "коротким" способом. Здесь пользователю нет необходимости создавать графическое или текстовое описание схемы электрической принципиальной. Основная подготовка выполняется в графическом редакторе P-CAD PCB. Средствами редактора изображается граница ПП, в пределах которой в ручном режиме размещаются необходимые детали из библиотек. Электрические связи между контактами (т.н. "резиновые связи") формируются с помощью непосредственного указания курсором соединяемых контактов. Полученное описание может обрабатываться какой-либо программой-трассировщиком или использоваться в качестве исходного материала для ручной разводки. После этого полученный файл (*.pcb*) с изображением растрассированной платы вновь загружают в P-CAD PCB для ручной доводки. Проверенный и скорректированный файл *.pcb* может быть передан технологом для изготовления платы. Кроме того, чертежи топологии платы (послойно), а также монтажная схема могут быть выведены на бумагу принтером или плоттером соответственно. Описанный "короткий" путь проектирования наиболее прост, если исключается использование автоматического трассировщика, а используется ручная или интерактивная разводка проводников. В этом случае пользователь использует P-CAD PCB в качестве "электронного кульмана", с помощью которого он заменяет "резиновые связи" (визуально напоминающие паутину на экране) вручную вводимыми на том или ином слое изображениями печатных проводников.

Второй способ (назовем его "полным") более сложен и в нем

задействовано гораздо больше различных программ (рис.1).

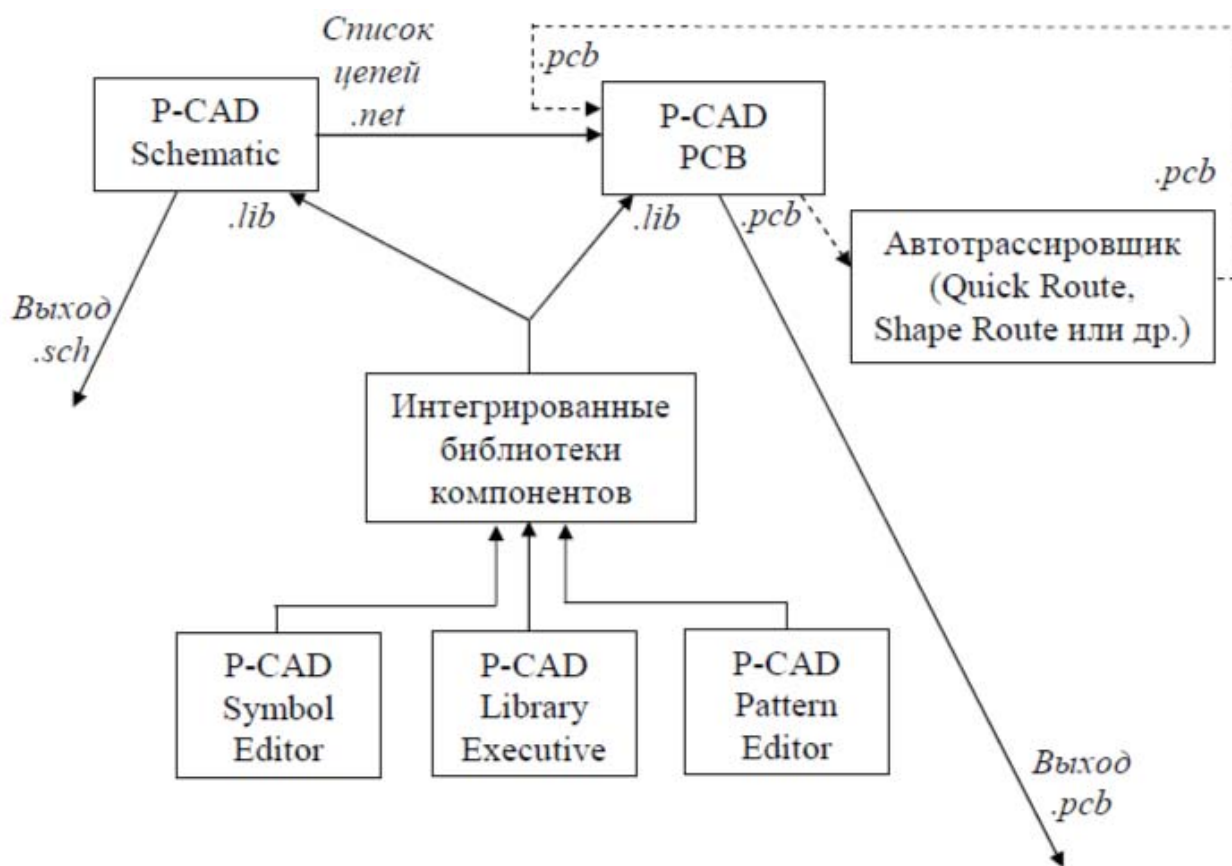


Рис. 1. Полный способ проектирования ПП

Он эффективен при создании сложных проектов. Обязательным этапом здесь является создание принципиальной схемы в P-CAD Schematic.

Схема создается из готовых компонентов, которые расположены в так называемых интегрированных библиотеках, каждая из которых представлена файлом *.lib*, в котором собрана графическая информация об условных графических обозначениях (символах), используемых в принципиальных схемах, графическая информация о посадочных местах (паттернах) компонентов, которые используются при разработке ПП, а также так называемая упаковочная информация, которая вводит соответствие между символами и паттернами. В одном файле *.lib* обычно собрана информация по группе компонентов - серии микросхем, компонентам одного функционального назначения или просто группе компонентов, используемых

в конкретном проекте. Для создания и редактирования компонентов библиотек и пользуются программы P-CAD Symbol Editor (создание и редактирование символов), P-CAD Pattern Editor (создание и редактирование паттернов) и P-CAD Library Executive (создание и редактирование упаковочной информации).

В редакторе P-CAD Schematic создают принципиальную схему, которую сохраняют в формате *.sch*. Возможен вывод этой схемы на печать или конвертация в другие форматы, например, *.dxf*. В этом редакторе создается также особый файл с расширением *.net*, в котором содержится в текстовом виде информация о всех соединениях схемы электрической принципиальной. Этот список соединений необходим для работы следующего редактора - P-CAD PCB.

В редакторе P-CAD PCB производится так называемая "выгрузка списка соединений", в результате которой создается заготовка монтажной схемы с набором всех необходимых корпусов компонентов, соединенных "резиновыми связями", созданными согласно списку соединений.

Дальнейшая работа проектировщика включает в себя ручное размещение компонентов, вычерчивание контура платы и трассировку, которая может выполняться в ручном, интерактивном (полуавтоматическом) или полностью автоматическом режиме. В последнем случае необходимо наличие в комплекте программ автотрассировщика. Этот и последующие этапы работ ничем не отличаются от того, как это делается в описанном первом способе. Полученный после автотрассировки файл (*.pcb*) с готовой топологией платы может быть вновь загружен в P-CAD PCB для ручной доводки. Проверенный и скорректированный файл *.pcb* передается затем в производство для изготовления платы.

Настройка среды проектирования P-CAD Schematic

Настройку среды проектирования делают нечасто. Обычно это делают в первый сеанс работы над проектом, сохраняют пустой файл схемы-заготовки или какой-либо другой файл схемы, а затем, в следующие сеансы работы,

загружают его вместе с сохраненной средой проектирования. Под средой проектирования понимается устанавливаемые по умолчанию рабочие параметры, такие как: единицы измерения, набор быстросменяемых шагов сетки, режим излома линий, конфигурация логических слоев, цвета элементов области проектирования, размер чертежа, вид форматки (рамки со штампом) и многие другие. Настройку среды необходимо сделать как для P-CAD Schematic, так и для P-CAD PCB. Далее рассмотрим пример настройки среды для P-CAD Schematic пакета P-CAD 2006.

После запуска P-CAD Schematic вид его окна будет примерно таким, как показано на рис. 2 (за исключением фона в основном окне редактирования, - он, скорее всего, будет черным). Условимся различные части окна называть так, как это показано на рис.2.

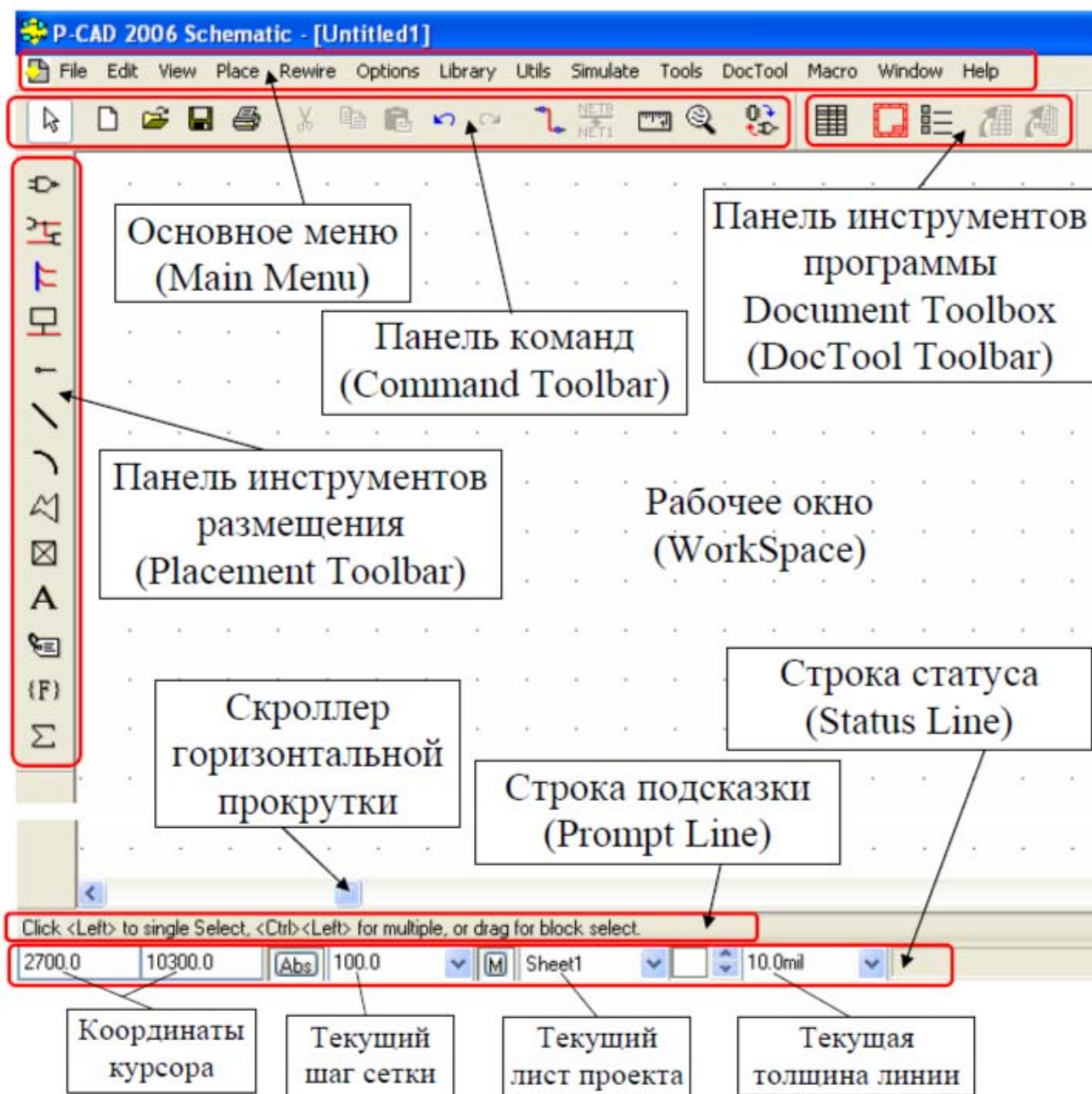


Рис. 2. Вид окна P-CAD Schematic

Абсолютно полный набор всех команд и настроек параметров доступен через основное меню. Однако пользоваться системой иерархических меню не всегда удобно, к тому же различные команды и настройки очень сильно отличаются по частоте их применения. Поэтому наиболее важное вынесено в специализированные панели: панель команд, панель инструментов размещения и панель DocTool. Часть часто переключаемых настроек параметров доступно через строку статуса. Кроме того, некоторые команды и настройки могут выполняться с помощью горячих клавиш.

Для настройки среды проектирования сначала выберем в основном меню *Options/ Configure*. В открывшемся диалоговом окне сделаем следующие установки:

- в зоне *Workspace Size* установим размер чертежа схемы: например, A3;

- в зоне *Units* установим единицы измерения *mil* (*mil* означает миллидюймы; лучше выставить именно эти единицы, а не миллиметры (mm), так как в этом случае будет совместимость с фирменными библиотеками, в подавляющем большинстве которых применяется именно дюймовая система; удобно запомнить такое соответствие: 40 mil ~ 1 mm);

- в зоне *Orthogonal Modes* установим флажки в обоих пунктах "90/90" и "45/90" (это означает, что при вводе линий будут возможны углы их излома только под 90° или под 45° и 90°).

Остальные настройки в этом окне пока менее существенны, поэтому остальное можно оставить так, как предлагается по умолчанию. Необходимо лишь, если это действительно нужно, снабдить будущий чертеж форматкой. Для этого надо проделать следующее:

- в зоне *Title Sheets* текущего активного окна нажать кнопку "*Edit Title Sheets*"; откроется следующее диалоговое окно, в левой части которого будет список *Sheets*, в нем присутствуют элементы *Global* и *Sheet1*; если выбрать *Global*, то все последующие установки будут относиться ко всем листам многолиствого проекта, если же выбрать один конкретный лист (в данном случае пока только *Sheet1*), то установки будут относиться только к нему;

- в зоне *Title Block* нажать кнопку *Select*, откроется диалоговое окно для указания пути доступа к файлу форматки; следует указать, например: *C:\Program Files\PCAD 2006\Titles\A3.ttl*, нажать кнопку "*Открыть*", затем (в предыдущем окне - "*Modify*", "*Close*" и "*OK*", после чего на экране должна появиться рамка чертежа со штампом.

Изображение форматки недоступно для редактирования. К сожалению, входящие в комплект поставки P-CAD форматки не соответствуют нашей

ЕСКД, поэтому при необходимости иметь стандартную рамку, надо отдельно заготовить подходящий файл форматки *.ttl* (можно найти в Интернете) или создать его самостоятельно.

Для создания новой форматки надо нарисовать рамку со штампом с помощью команды рисования линий (*Place Line*), а затем сохранить графику с помощью команды *File/ Save as*, указав тип файла: "*All Files (*.*)*" и явно прописав расширение в имени файла, например: "*A3_GOST.ttl*". Однако это занятие оставим за пределами данного урока.

Параметры дисплея устанавливаются с помощью команды *Options/Display* основного меню. На рис.3 показано диалоговое окно, открывающееся при выборе этой команды.

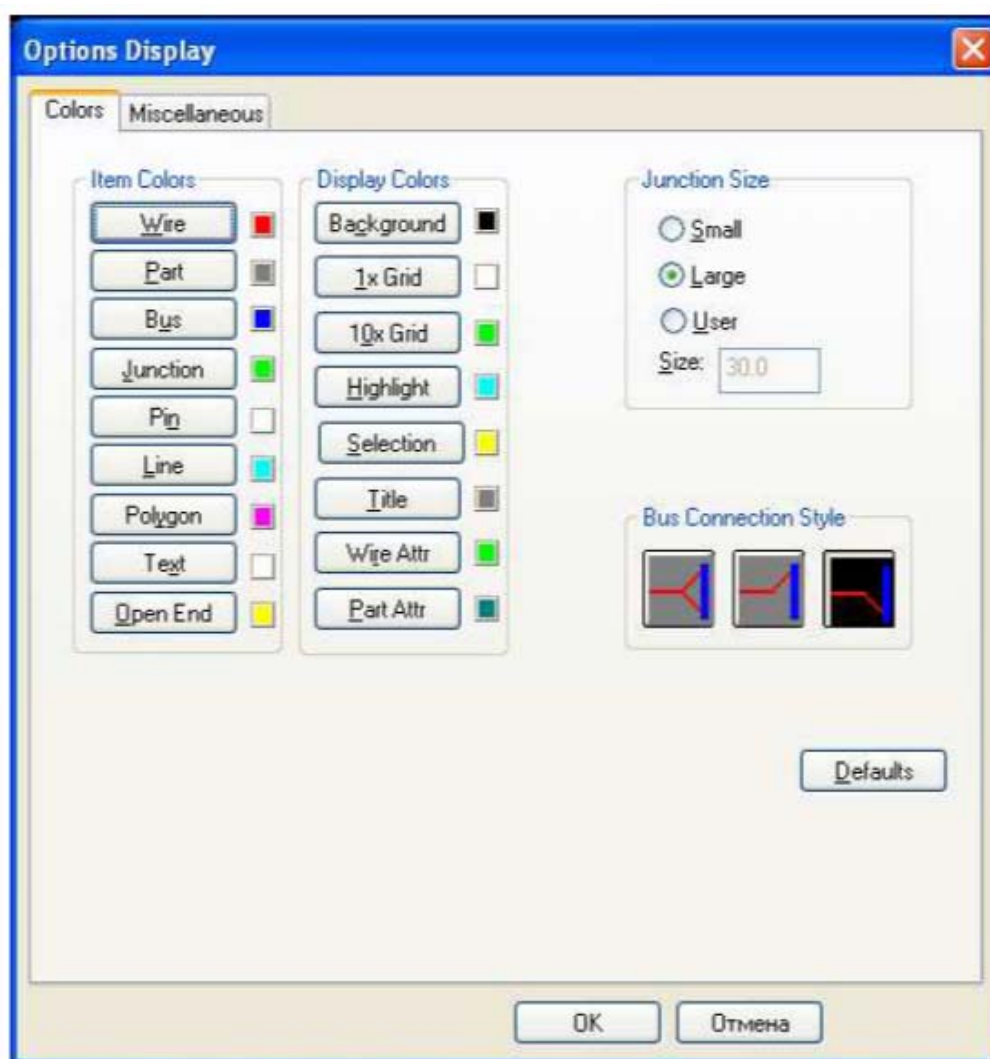


Рис. 3. Диалоговое окно Options/Display

В основном это окно служит для переопределения цветов элементов принципиальной схемы и дисплея. Однако то, что предлагается по умолчанию, неплохо эргономически подобрано, поэтому менять цвета не рекомендуется. Нам данное окно сейчас более интересно с познавательной точки зрения. Там в левом списке *Item Colors* перечислены элементы принципиальной схемы (примеры этих элементов приведены на рис.4):

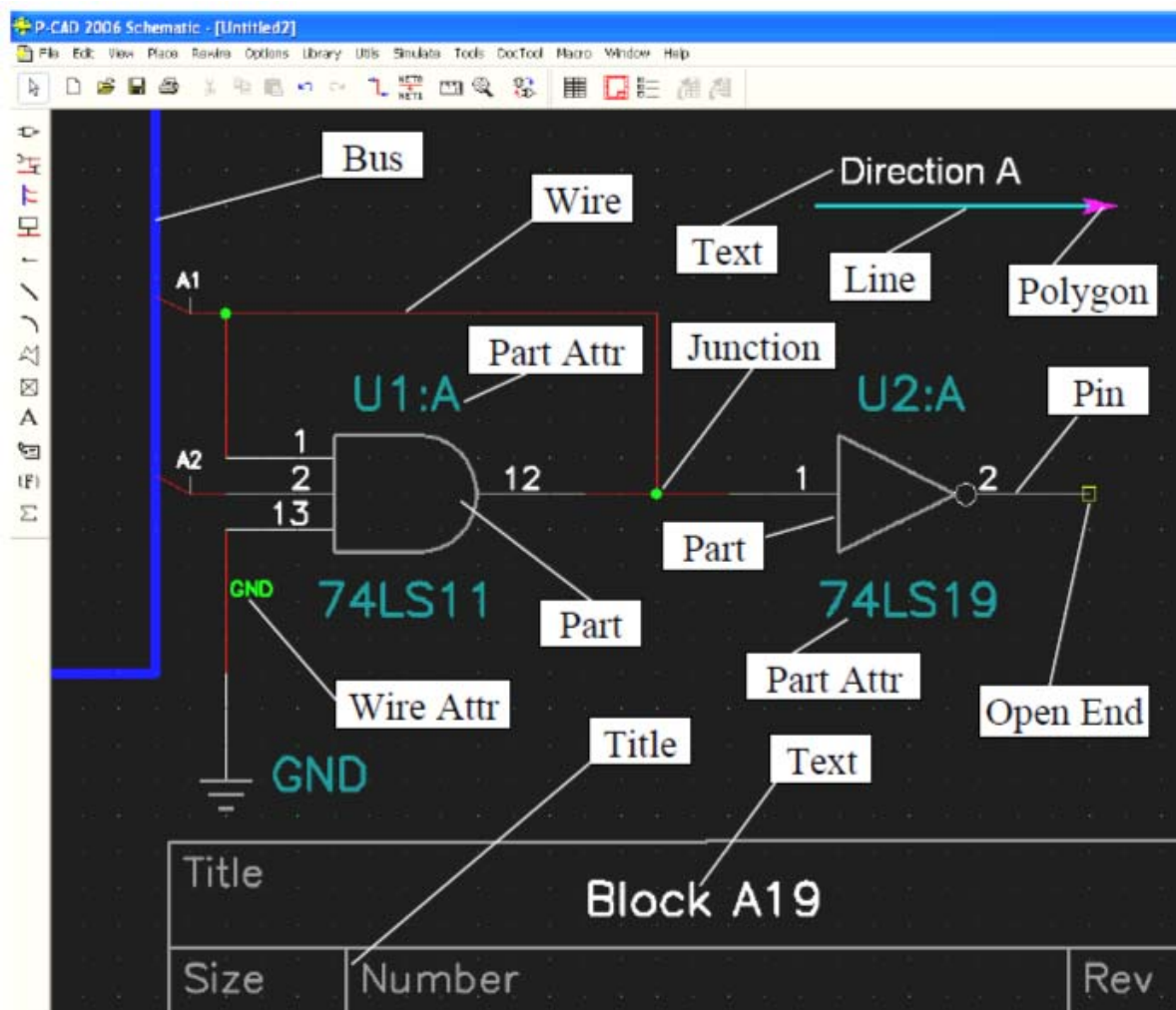


Рис. 4. Элементы принципиальной схемы и экрана

- *Wire* (проводники, именно они создают электрическое соединение между контактами, их не стоит путать с простыми линиями (*Line*));
- *Part* (изображения символов компонентов);
- *Bus* (шины (жгуты проводников));
- *Junction* (точки соединения проводников);
- *Pin* (выводы компонентов);

- *Line* (линии, которые предназначены для рисования вспомогательных элементов (таблиц, стрелок и т.д., их нельзя использовать для соединения электрических контактов);

- *Polygon* (закрашенные многоугольники, также используются для рисования вспомогательных элементов);

- *Text* (текстовые надписи);

- *Open End* (неподсоединенные концы выводов и проводников).

В списке *Display Colors* задаются цвета элементов экрана:

- *Background* (фон);

- *1x Grid* (нормальная сетка);

- *10x Grid* (укрупненная 10-кратная сетка);

- *Highlight* (подсвеченные объекты; объекты подсвечиваются специальной командой и остаются в таком состоянии до ее отмены);

- *Selection* (выделенные объекты; объекты выделяются кратковременно при наведении курсора на объект и однократном клике левой кнопки мыши; выделенный объект доступен для манипуляций или редактирования);

- *Title* (форматка - рамка со штампом);

- *Wire Attr* (атрибуты цепей);

- *Part Attr* (атрибуты компонентов).

В зоне *Junction Size* настроим размер точек соединения проводников. Рекомендуем установить опцию *Large*. В этом случае точки соединения лучше будут видны при уменьшении изображения.

Параметры сетки рабочего окна задаются в диалоговом окне, открываемом при выборе команды *Options/ Grids* (рис. 5).

Для принципиальных схем рекомендуется использовать минимальный шаг сетки 2,5 мм, что примерно соответствует 100 mil. Это значение уже установлено по умолчанию. Однако иногда требуется и более мелкая сетка. Для ввода новой сетки введем в поле *Grid Spacing* новое значение: 10 (mil). После нажатия кнопки *Add* новое значение попадает в список доступных

сеток. Остальные настройки пока оставим теми, которые предлагались системой. После нажатия *OK* можно обнаружить, что в строке статуса в списке прокрутки сеток теперь два значения шага, которые можно быстро выбирать. Это можно делать также с помощью горячей клавиши <G>.

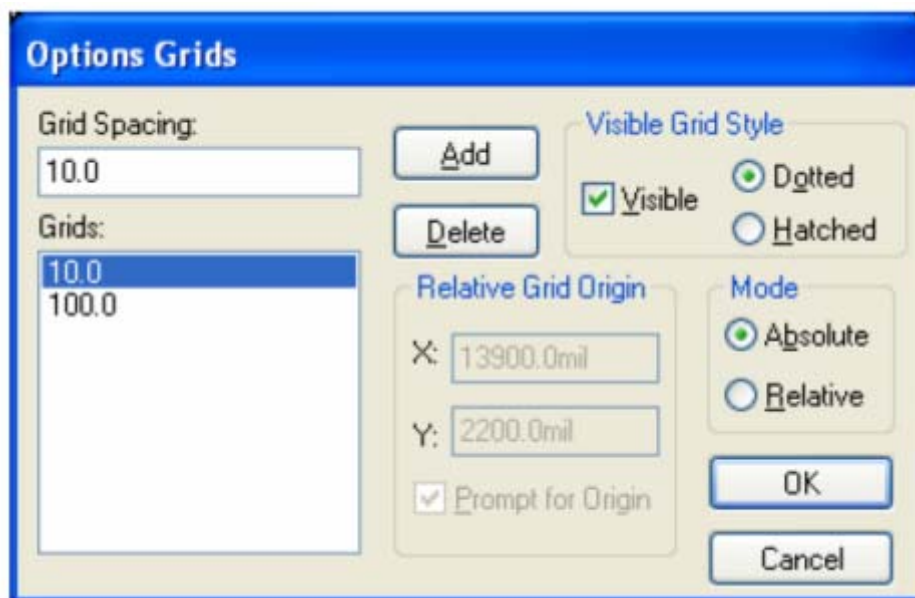


Рис. 5. Окно настройки сеток

Настроим теперь необходимые текстовые шрифты, которые будут использоваться в проекте.

Для этого необходимо нажать кнопку (Place Text) в вертикальной панели инструментов размещения, затем поставить курсор в место предполагаемого расположения текста и кликнуть левой кнопкой мыши. Если окно *Place Text* показано в усеченном виде, надо нажать кнопку *More*. Затем нажать *Text Styles*, в новом окне - *Add*, в поле *Style Name* ввести имя нового стиля, например, "Rus20" и нажать *OK*. В новом окне *Text Style Properties* установить флажок *Allow True Type*, а в зоне *Display* включить *True Type Font*. Затем нажать кнопку *Font*. В окне *Шрифт* выбрать шрифт, начертание и размер, например, с такими значениями: "Arial", "курсив", "20", а затем в окне прокрутки *Набор символов* выбрать *Кириллический* и нажать *OK*. В окне *Text Style Properties* снова нажать *OK*. В окне *Option Text Style* выбрать стиль Rus20 и нажать кнопку *Close*. Поставить курсор в место предполагаемого

размещения текста, нажать левую кнопку мыши, ввести текст (для ввода русского текста переключить клавиатуру из латинского в русский регистр) и нажать кнопку *Place*. Текст зафиксируется на чертеже. Если дальнейшего ввода текста не предполагается, можно нажать кнопку (*Select*) в панели команд. Далее можно введенный текст пометить курсором и перенести в другое место (после клика левой кнопкой мыши) или скорректировать (после двойного клика).

Описанным способом можно определить несколько стилей, которые можно легко переключать при вводе нового текста в окне *Text Properties* (кнопка *Text Styles*).

Еще одну настройку необходимо сделать для определения среды проектирования. Это подключение необходимых библиотек. Для этого выберем в основном меню: *Library/ Setup*. В открывшемся окне нажать кнопку *Add*. В следующем окне необходимо указать путь доступа к файлу выбираемой библиотеки. Укажем, например, конкретную библиотеку: *C:\Program Files\PCAD 2006\Lib\Old Lib\TI_7400.lib* (в данной библиотеке собраны логические КМОП-элементы фирмы Texas Instruments). После нажатия кнопки *Открыть* библиотека попадает в список доступных библиотек *Open Libraries*. Аналогично подключим библиотеки *Descrete.lib* и *Connect.lib*. После этого список доступных библиотек будет выглядеть так, как это показано на рис. 6. Нажмем *OK*.

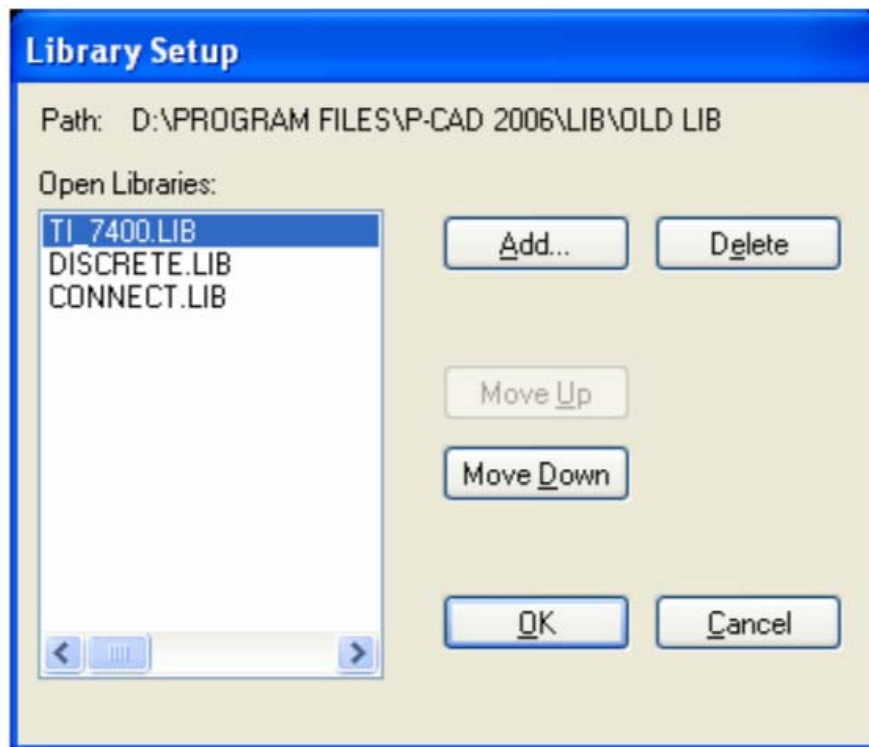


Рис. 6. Окно подключения библиотек

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

СОЗДАНИЕ ПРИНЦИПАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ В P-CAD

Цель работы: создать принципиальную электрическую схему в P-CAD Schematic.

Краткая теория

Размещение компонентов в рабочем пространстве листа

Размещают символы компонентов в рабочем пространстве листа с помощью команды *Place Part*.

Открывающееся диалоговое окно имеет вид, показанный на рис.1.

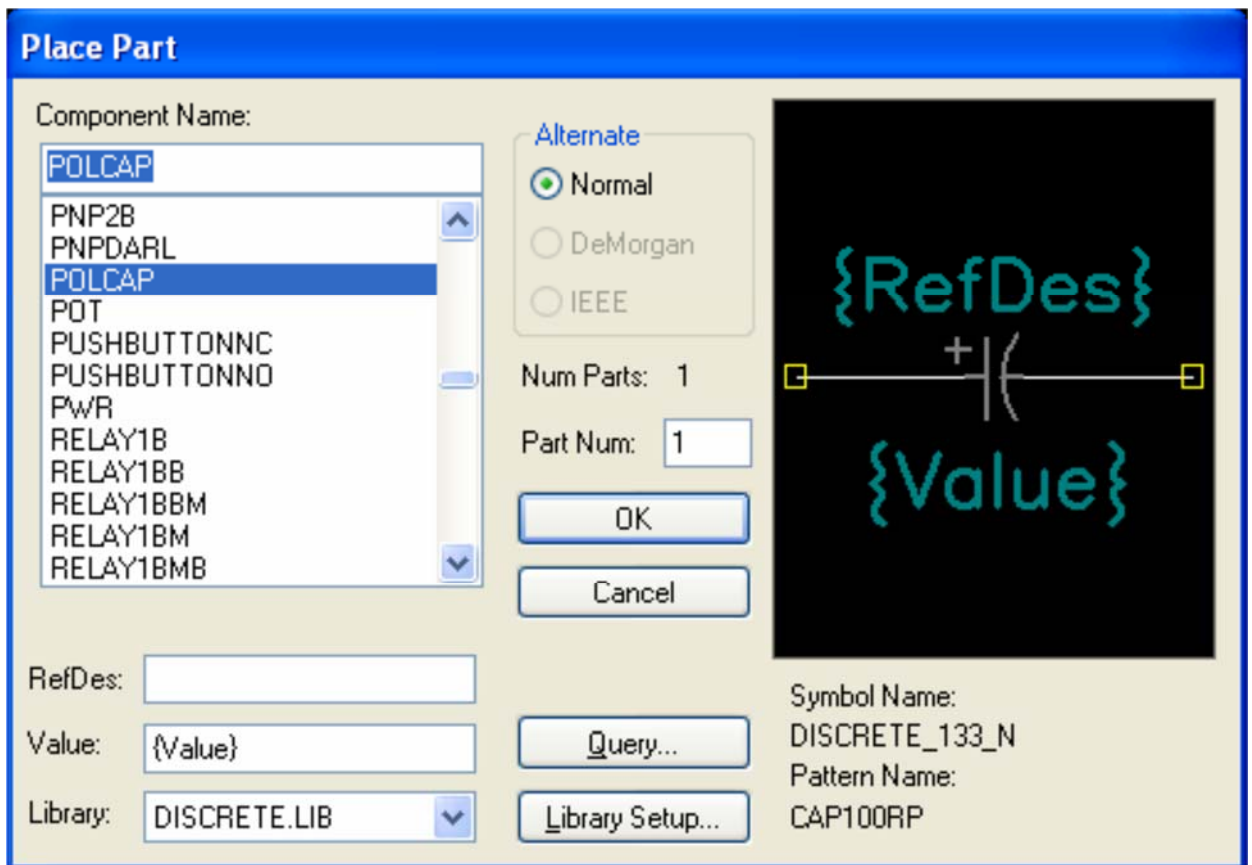


Рис. 1. Окно команды размещения компонентов

Для выбора нужного компонента необходимо выбрать сначала соответствующую библиотеку в окне прокрутки *Library*. Затем в верхнем списке выбрать имя нужного компонента с помощью скроллера или набрав имя компонента в поле ввода. Если ввести имя хотя бы частично, то это может ускорить поиск в длинном списке. Если компонент пассивный (резистор, конденсатор, дроссель и др.) и необходимо указать его номинальное значение, то его можно ввести в поле *Value* этого же окна (это можно сделать и после ввода компонента, нажав кнопку (Select) в панели команд, нажав правую кнопку мыши, выбрав пункт *Properties* и введя в диалоговом окне *Part Properties* (вкладка *Symbol*) номинал в поле *Value*). Справа есть специальное окно для отображения графики компонента. В версии P-CAD 2002 для отображения этого окна необходимо нажать особую кнопку *Browse*. Необходимо особое внимание уделять имени паттерна компонента (*Pattern Name*). Если эта позиция для текущего вводимого

компонента пуста, то создание печатной платы будет невозможным (это не относится с специальным компонентам, типа GND или +5V, которые имеют только символ и принципиально не имеют паттерна). Выбрав компонент, нажимаем кнопку *OK*.

Выбрав нужное место размещения, нажимаем левую кнопку мыши. Компонент зафиксирован. Шаг сетки при этом желательно выставить крупный, например, 100 mil (его можно сменить нажатием клавиши <G>). Если подобных компонентов несколько, можно повторить процедуру. При этом позиционное обозначение компонента будет наращиваться. Для прекращения ввода достаточно нажать правую кнопку мыши. Уже введенный компонент можно выделить (перед этим нажав кнопку (Select) в панели команд), скопировать его в буфер (нажать правую кнопку мыши, в контекстном меню выбрать *Copy*), а затем вставить из буфера нужное количество раз с помощью команды основного меню *Edit/ Paste/ From Clipboard*.

Выделенный компонент (выделяется желтым) можно перемещать, просто поставив курсор на компонент, нажимая и удерживая левую кнопку мыши и перетаскивая при этом компонент в другое место и затем отпуская кнопку.

Выделенный компонент можно поворачивать на 90°. Для этого надо нажимать горячую клавишу <R>. Каждое нажатие этой клавиши приводит к повороту на 90° против часовой стрелки. То же самое можно делать при вводе новых компонентов из библиотеки до их фиксации.

Аналогично выделенный компонент можно зеркально отображать. Для этого служит горячая клавиша <F>. То же самое можно делать при вводе новых компонентов из библиотеки до их фиксации.

Выделенный компонент можно просто удалить, нажав клавишу .

Все вышеописанные действия можно производить и над группой выделенных объектов. Выделение группы осуществляется либо показом мышью (при нажатой левой кнопке) охватывающего прямоугольника, либо

показом объектов по отдельности при нажатой клавише <Ctrl>.

Иногда не все атрибуты компонента (по умолчанию всегда доступны 3 главных атрибута: *RefDes* - позиционное обозначение, *Value* - номинал и *Type* - тип) нужны на схеме, или какие-либо атрибуты требуется скорректировать. Для управления атрибутами необходимо нажать кнопку (Select) в панели команд, кликнуть левой кнопкой мыши по компоненту, нажать правую кнопку мыши, выбрав пункт *Properties* и в открывшемся диалоговом окне *Part Properties* (вкладка *Symbol*) скорректировать атрибуты *RefDes*, *Value* или *Type*. Для того, чтобы сделать атрибуты видимыми или невидимыми, надо установить или убрать соответствующие флажки в зоне *Visibility* диалогового окна. Операции управления атрибутами возможны и для группы выделенных компонентов.

Масштабирование изображения и перемещения по схеме

Самый простой способ масштабирования изображения - нажатие горячих клавиш <+> или <->.

Для развертки интересующей части схемы до размеров экрана удобно пользоваться командой *Zoom Window*. При этом надо очертить мышью пределы прямоугольника, охватывающего увеличиваемую область.

Другие возможности управления видами экрана содержатся в меню *View*:

- *View/Extent* - показ всей введенной схемы;
- *View/All* - показ всей схемы в пределах выбранного формата;
- *View/Last* - показ предыдущего вида;
- *View/Center* - показ схемы с новым центром экрана;

Для перемещений без масштабирования можно пользоваться колесом прокрутки мыши (если мышь снабжена таковым, и только вверх-вниз).

Удобно пользоваться также клавишами управления курсором (стрелки). При нажатии какой-либо из этих клавиш курсор перемещается в соответствующем направлении по узлам сетки. Как только курсор дойдет до границы текущего вида, происходит смещение изображения на четверть

экрана в ту сторону, куда смещался курсор.

Ввод электрических цепей

Ввод соединительных проводников (электрических цепей) выполняется командой *Place Wire*.

После активизации команды рекомендуется установить параметр излома линий *Ortho = 90*. Для этого надо нажимать горячую клавишу <O> и смотреть в правую часть строки статуса. Там циклически будут меняться значения этого параметра. Всего их три: *90* (только прямые углы излома), *45* (углы излома под 90° и 45°) и *Any* (произвольные углы). Для схем предпочтительно выставить *90*.

Ввод проводника начинают точно в месте контакта (желтый квадрат), при этом нужно нажать левую кнопку мыши и, не отпуская, тянуть до следующей точки излома линии. Каждое нажатие левой кнопки соответствует излому линии. Заканчивая проводник на другом контакте или участке уже введенной цепи, надо нажать правую кнопку мыши.

Необходимо следить за пропаданием желтых квадратов при вводе цепей. Если желтый квадрат (символ неподсоединенного контакта) не исчез, значит соединение не выполнено. Причиной может быть несовпадение текущей сетки схемы и сетки, в которой создавался библиотечный компонент. В этом случае можно попытаться ввести более мелкую сетку.

При необходимости ввести точку соединения в месте пересечения двух участков цепей необходимо при проводке участка цепи остановиться в месте пересечения с другой цепью и нажать левую кнопку мыши, затем, при необходимости, продолжить проводку цепи.

Соединения между контактами можно выполнять и без ввода проводников, если при вводе компонентов просто накладывать один контакт точно на другой (принадлежащий ранее введенному компоненту). При этом также нужно следить за тем, чтобы исчезали желтые квадраты.

Ввод шин (жгутов)

Ввод этих элементов схемы осуществляется с помощью команды


Place Bus.



Использование шин позволяет сэкономить место на схемах и сделать их более удобочитаемыми.

Шина сама по себе ничего электрически не связывает. Она лишь является условным графическим изображением набора изолированных проводов. Однако проводники, входящие в шину на различных ее участках и имеющие одинаковое имя, считаются принадлежащими одной цепи.


Именование проводников, входящих в шину, удобнее всего производить с помощью команды *Place Port*. Термин *Port* в данном случае означает специальную табличку с именем цепи.

Для уяснения последовательности действий при вводе шин рекомендуем проделать следующее упражнение.

Ввести из библиотек несколько компонентов в одном месте чертежа и несколько в другом. Ввести с помощью кнопки  изображение шины, которая должна связать цепи в этих двух разнесенных участках схемы. При этом между изображением шины и контактами надо оставлять небольшой промежуток, в который можно ввести участок цепи (рис. 2).

Далее с помощью кнопки  ввести участки цепей между контактами и шиной. При этом должен появиться характерный излом цепи у места ее ввода в шину. Активировать команду *Place Port* (кнопка ) , сделать клик левой кнопкой мыши, при этом появится диалоговое окно (рис. 3). В поле *Net Name* надо ввести имя первой цепи с номером, например, *A1* или просто *1*. Необходимо поставить флажок в установочном боксе параметра *Increment Port Name*, а в зоне *Port Shape* выбрать *None*. Нажать *OK*.

Последовательно показывать курсором цепи (необходимо точно попадать в излом цепи и нажимать при этом левую кнопку мыши) с

одной стороны шины. После ввода последнего имени (в примере - A3) нажать правую кнопку мыши. Затем вновь нажать кнопку  и повторить все описанное, но уже с другой стороны шины.

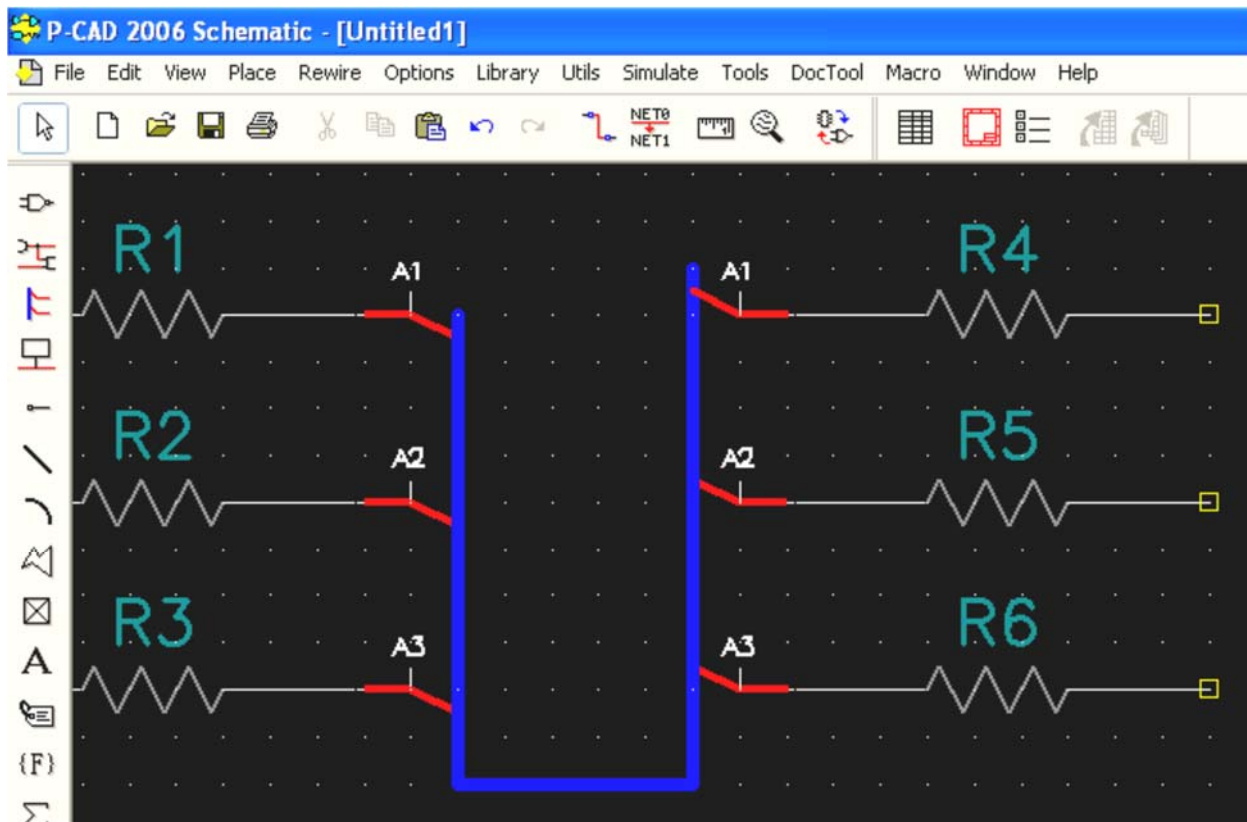


Рис. 2. Пример размещения шины

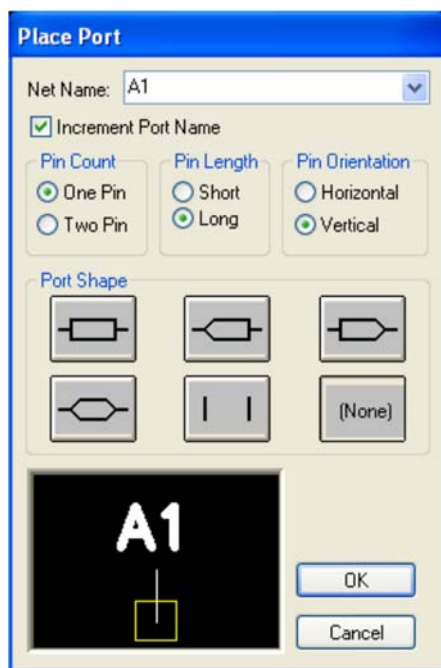


Рис. 3. Диалоговое окно команды Place Port

Сохранение схемы и создание списка соединений

Для выполнения дальнейших действий по разработке платы удалим все лишнее с экрана и создадим заново схему, показанную на рис. 4.

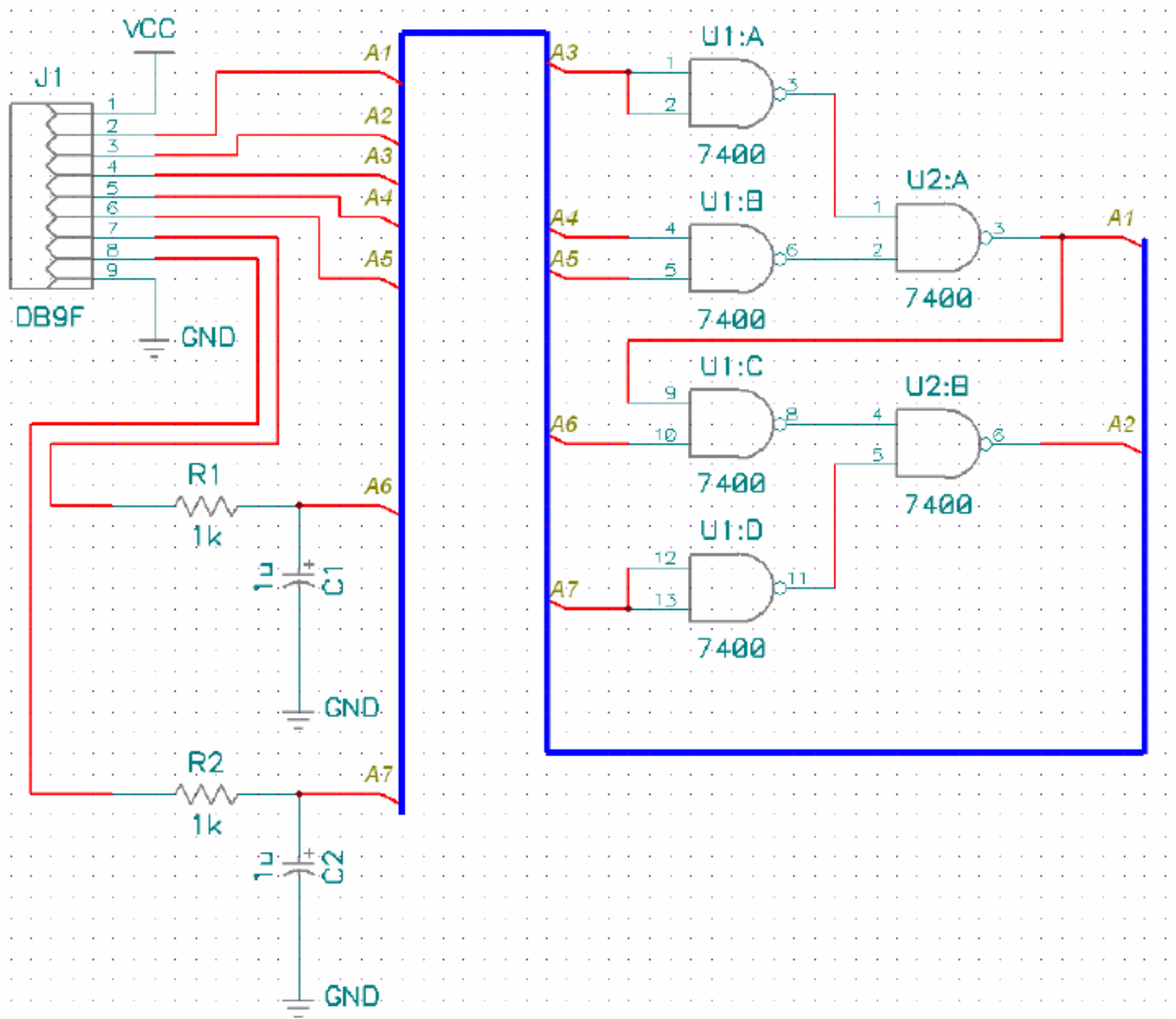


Рис. 4. Тестовая схема

Для справки: логические элементы 7400 содержатся в библиотеке TI_7400, соединитель DB9F - библиотеке CONNECT, остальные компоненты - в библиотеке DESCRETE (...\\Program Files\\P-CAD 2006\\Lib\\Old Lib).

После выполнения схемы ее следует сохранить с помощью команды *File/Save as...*, указав путь доступа к рабочей папке проекта и имя файла схемы, например: *Мои документы\\ProjectX\\block1.sch*. Расширение *.sch* присваивается имени автоматически.

Последняя необходимая операция в *P-CAD Schematic* - это создание

списка соединений. Для ее выполнения выберем в основном меню команду *Utils/ Generate Netlist*. В появившемся окне необходимо нажать кнопку *Netlist Filename* и ввести имя файла с указанием пути доступа. Если до этого выполнялось сохранение схемы, то программа предложит имя схемы, но расширение файла *.net*. Если имя менять не нужно, то достаточно просто все подтвердить, нажав кнопку *OK*. Желательно запомнить имя сохраняемого файла списка соединений и место его размещения, т.к. в дальнейшей работе оно еще понадобится.

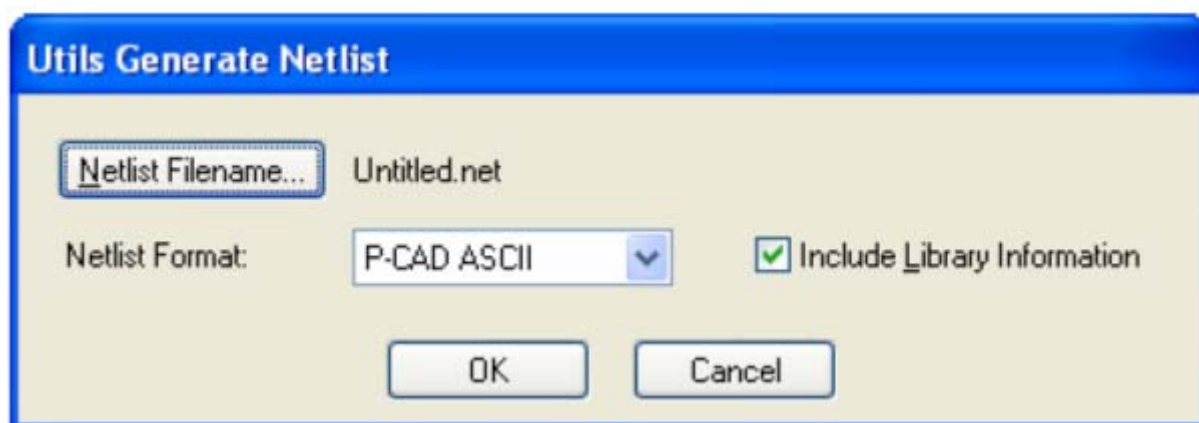


Рис. 5. Диалоговое окно генератора списка соединений

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ТРАССИРОВКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Цель работы: научиться проводить ручную и автоматическую трассировку печатной платы.

Краткая теория

1.1. Настройка среды проектирования P-CAD PCB

После создания списка соединений программа-редактор P-CAD Schematic больше не нужна. Но закрывать ее окно пока не стоит. Перейдем из нее в среду другого редактора - программы разработки топологии ПП P-CAD PCB. Для этого выберем команду в основном меню *Utils/ P-CAD PCB*. Произойдет запуск в новом окне P-CAD PCB.

Интерфейс с пользователем немного отличается от того, что было в P-CAD Schematic. Вид окна показан на рис.1. Здесь появились 2 панели инструментов трассировки (в P-CAD 2002 такая панель одна) и несколько изменился состав строки статуса.

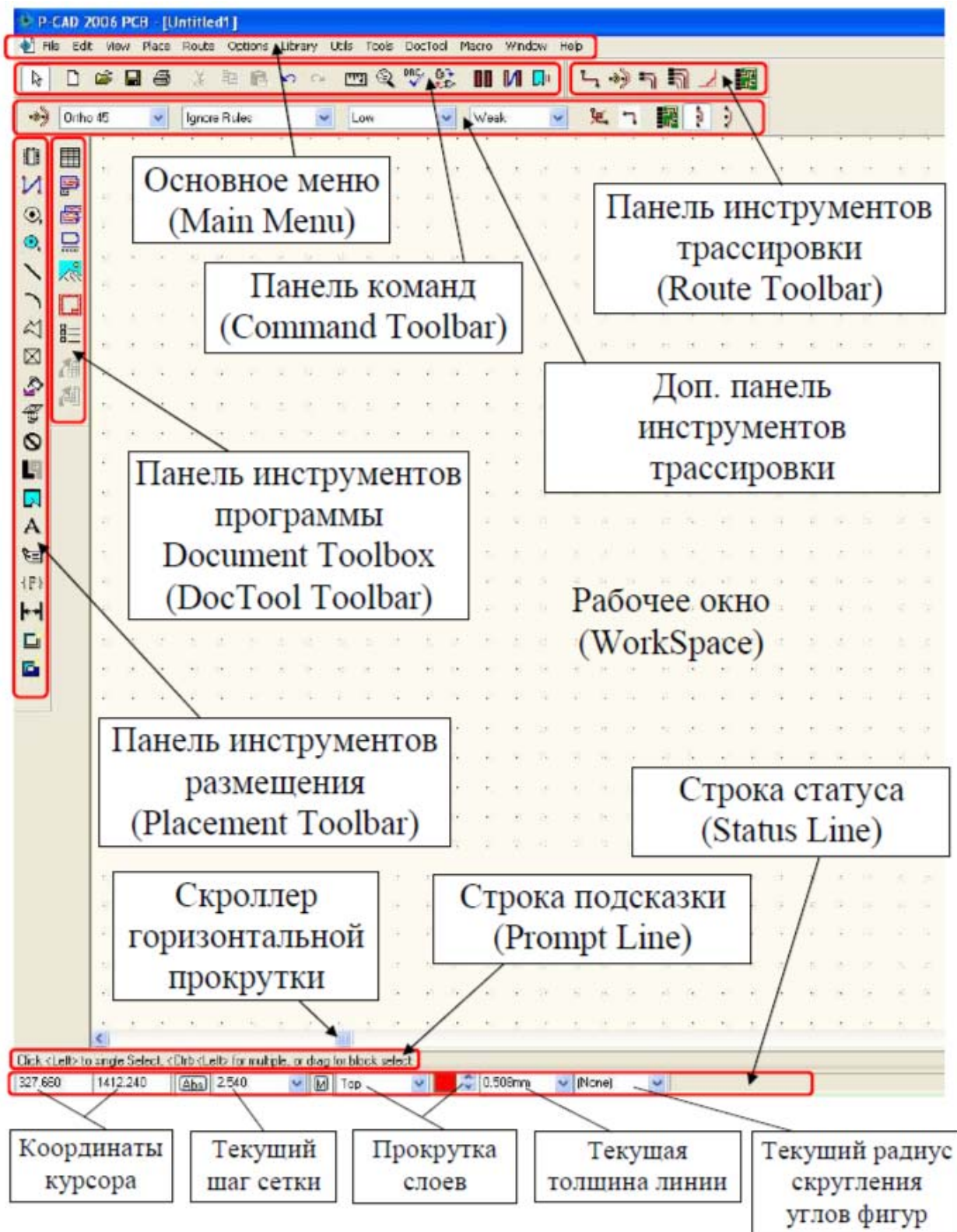


Рис. 1. Вид окна P-CAD PCB

Если при запуске программы автоматически открываются небольшие

окна менеджера проекта (Design Manager), то их можно отключить: на первых этапах освоения пакета лучше обойтись без них.

В окне P-CAD PCB необходимо выполнить настройку среды проектирования аналогично тому, как это делалось в P-CAD Schematic.

Рекомендуем проделать следующее:

1) в главном меню выбрать пункт *Options/ Configure/ General*. В зоне *Units* установить единицы измерения *mils* (миллидюймы);

2) в главном меню выбрать пункт *Options/ Grids*. В строке ввода *Grid Spacing* кроме уже установленного по умолчанию значения шага сетки 100 mil ввести еще одно: 10 , нажать кнопку *Add*, затем *OK*;

3) аналогично в меню *Options/ Current Line* ввести значения доступных значений ширины проводника 10 и 30 mil;

4) подключить необходимые библиотеки, для чего в меню выбрать *Library/ Setup* , после чего в открывшемся окне нажать *Add*. В следующем окне необходимо указать путь доступа к файлу выбираемой библиотеки. Укажем, например, конкретную библиотеку: *C:\Program Files\PCAD 2006\Lib\OldLib\TI_7400.lib*. Подключить необходимо те библиотеки, которые использовались при проектировании схемы в редакторе P-CAD Schematic (в нашем примере это библиотеки TI_7400, CONNECT, DESCRETE (в папке ... \Program Files\ P-CAD 2006\ Lib\ Old Lib).

Загрузка списка соединений

Загрузка списка соединений в программу P-CAD PCB выполняется путем выполнения команды основного меню *Utils/ Load Netlist*. В открывшемся окне необходимо нажать кнопку *Netlist Filename* и указать путь доступа к месту расположения ранее сохраненного файла *.net*. Другие настройки пока менять не рекомендуется. После нажатия кнопки *OK* в рабочее окно P-CAD PCB будет выгружен набор паттернов (корпусов) компонентов в соответствии с принципиальной схемой (рис. 2). Соединения между контактами компонентов показаны синими временными линиями

(Connections), которые пока еще не являются физическими проводниками, а только показывают необходимость прокладки медного проводника между соответствующими контактами. Обратите внимание, что количество корпусов компонентов может быть меньше количества изображенных на принципиальной схеме секций компонентов, т.к. в один корпус может входить несколько секций (например, в корпуса микросхем 7400 U1, U2 входят по 4 элемента 2И-НЕ).

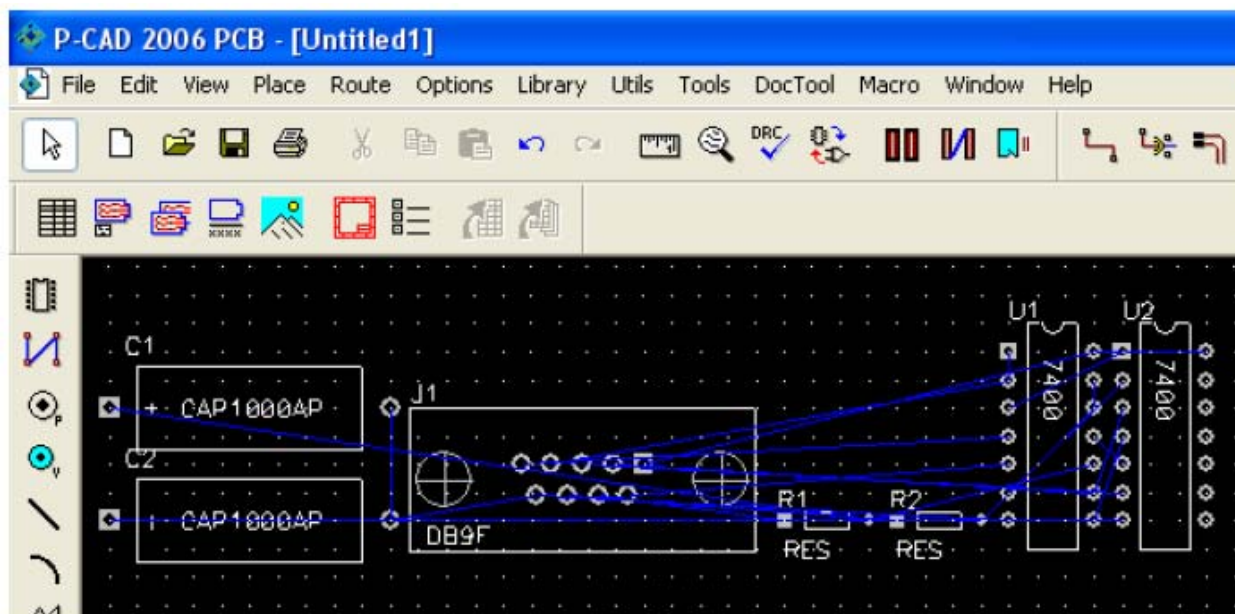



Рис. 2. Вид экрана после загрузки списка соединений

Ввод границ платы и предварительное размещение компонентов

Выгруженные на экран компоненты расположены случайным образом. Перед трассировкой необходимо упорядочить их размещение и очертить границы платы.

В строке статуса выставите в соответствующем окошке прокрутки шаг сетки 100 mil. Перестановки компонентов выполняйте с учетом обеспечения минимальной длины и равномерности густоты связей. Кроме того, необходимо учитывать особое положение отдельных компонентов (например, соединителей) и необходимость обеспечения определенных зазоров между компонентами, достаточных для прокладки печатных проводников. При перестановках можно использовать горячую клавишу <R>

для вращения компонентов. Иногда при выборе каких-либо элементов на экране, в условиях наложения или близости различных элементов, всплывает окно альтернативного выбора (рис. 3), которое помогает пользователю определиться с выбором элемента.

Для вычерчивания границ платы необходимо сначала выбрать соответствующий функциональный слой. В строке статуса в окошке прокрутки слоев выберите слой Board, затем с помощью команды рисования линий (кнопка ) начертите прямоугольную границу платы. Она обязательно должна быть замкнутой.

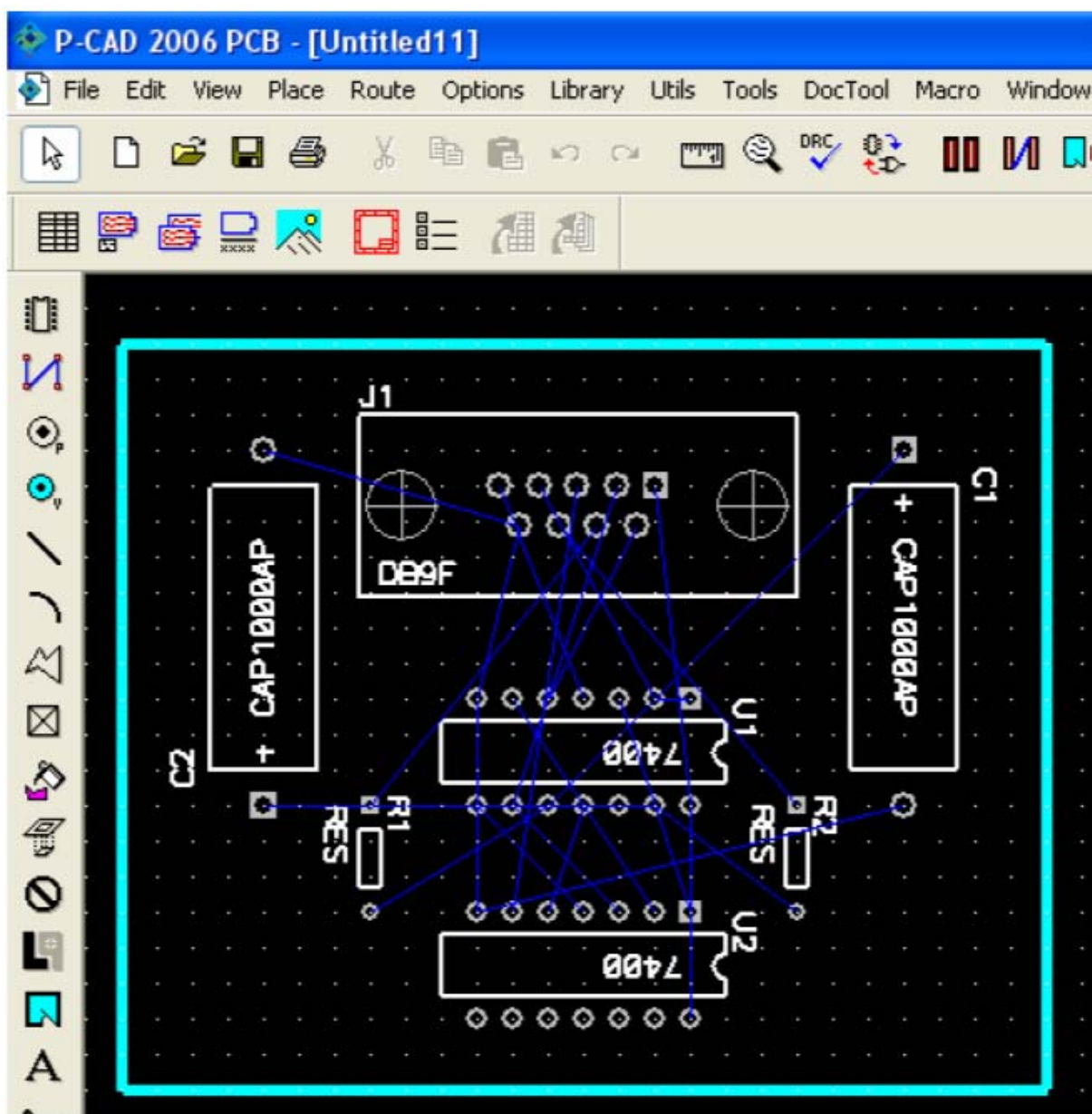


Рис.3. Вид экрана предварительного размещения и ввода границ платы



Рис. 4. Диалоговое окно альтернативного выбора


Автоматическая трассировка платы

Автоматическая трассировка ПП выполняется с помощью специальных программ-автотрассировщиков. В P-CAD 2002 рекомендуем для этого использовать автотрассировщик Shape Route, а в P-CAD 2004 - Quick Route. В P-CAD 2006 автотрассировщики не входят в комплект обязательной поставки, поэтому здесь (если специально не устанавливались автотрассировщики, такие как SPECCTRA или Situs) придется ограничиться интерактивной трассировкой.

Перед выполнением трассировки рекомендуется сохранить файл с нерастрассированной платой, воспользовавшись командой основного меню *File/Save as...* В качестве папки для сохранения укажите ту же самую папку, где хранятся другие файлы Вашего проекта (принципиальная схема, список соединений и др.). Файлу автоматически будет присвоено расширение *.pcb*.

Для выполнения автоматической трассировки выберите в основном меню пункт *Route/ Autorouters*, а затем в строке ввода со списком выберите программу-автотрассировщик, после чего нажмите кнопку *Start*.

Если был выбран автотрассировщик Quick Route, то трассировка будет выполнена непосредственно в текущем окне. Если же был выбран

автотрассировщик Shape Route, то трассировка будет выполнена в специальном окне со своим интерфейсом. Для начала трассировки в таком окне надо нажать кнопку  (*Start Autoroute*) в инструментальной панели этого окна. После окончания трассировки для возврата в окно P-CAD PCB надо выполнить команду *File/ Save and Return*.


Полученная топология ПП может быть скорректирована вручную, а затем сохранена с помощью команды *File/Save as...*

Ручная (интерактивная) трассировка платы


Для опробования приемов ручной трассировки загрузим в окно редактирования P-CAD PCB файл с нерастрассированной платой, сохраненный ранее.

По умолчанию трассировка выполняется в двух слоях проводников: слой на верхней стороне платы называется Top (красного цвета), а на нижней стороне - Bottom (зеленого цвета).

Перед трассировкой очередной цепи (подцепи) необходимо в строке статуса выставить в качестве текущего один из сигнальных слоев - *Top* или *Bottom*, а также выставить текущую ширину проводника (для определенности выберем 30 mil).

Ручная трассировка выполняется с помощью команды *Route/ Manual* (кнопка ). Левой кнопкой мыши обозначьте начало проводника в какой-либо контактной площадке, затем, не отпуская кнопки, продвигайте курсор до точки излома. В точке излома проводника отпустите левую кнопку мыши и продолжайте ввод проводника. В конечной точке цепи (подцепи) нажмите правую кнопку мыши. Как только завершается ввод проводника, соответствующего очередной электрической связи, обозначающая ее синяя линия исчезает.

Интерактивная трассировка выполняется с помощью команды *Route/*

Advanced (кнопка ). В отличие от предыдущей команды здесь имеется контекстное меню, активируемое правой кнопкой мыши, в котором содержится много вариантов действий по прокладке текущей трассы. Пока ограничимся одной весьма полезной возможностью: команда *Complete* из этого меню позволяет автоматически завершить прокладку проводника для текущей подцепы.

Часто при ручной разводке приходится устанавливать так называемые переходные отверстия (*via*), которые позволяют перейти с одного слоя проводников на другой. Для этого можно воспользоваться горячей клавишей <L> во время прокладки очередной трассы: каждое нажатие <L> вводит переходное отверстие и меняет слой на противоположный (Тор на Bottom или наоборот). На рис.5 показан пример прокладки такого проводника.

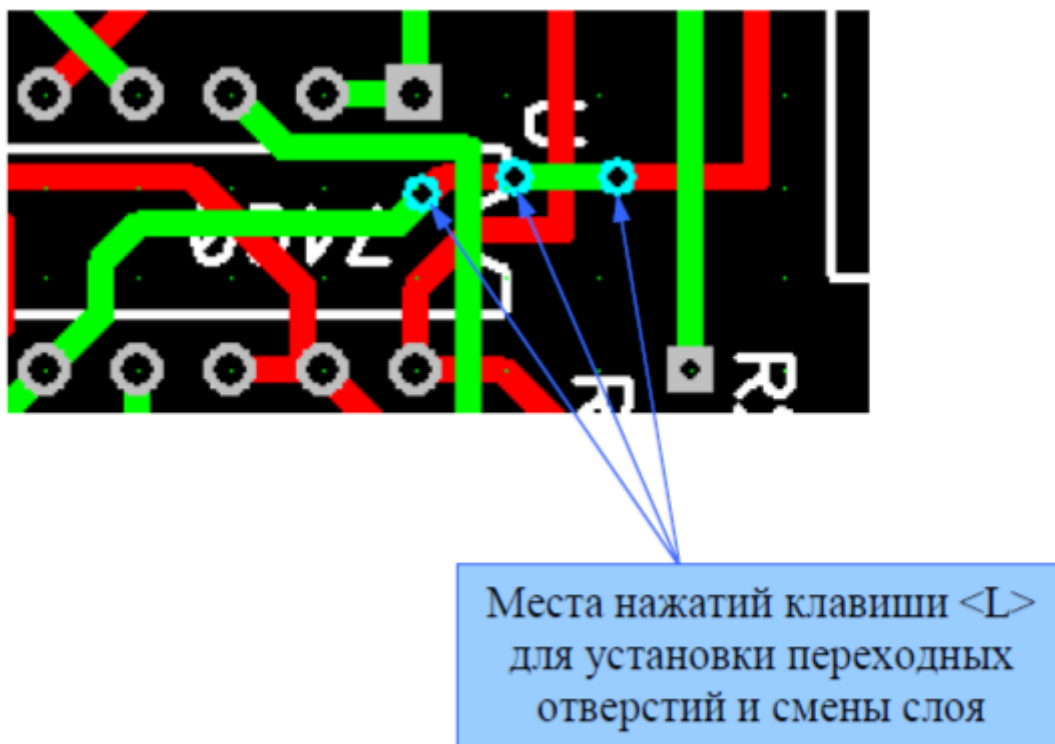


Рис. 5. Использование горячей клавиши <L>

Несмотря на то, что с первого взгляда ручная разводка кажется утомительной и непроизводительной по сравнению с автоматической, серьезные разработчики крайне редко пользуются автоматическими трассировщиками. Причина в том, что программы автоматической

трассировки пока не могут учесть всех нюансов размещения и прокладки проводников, и после автоматической разводки приходится делать ручную доводку, которая часто оказывается даже более трудозатратной, чем ручная разводка "с нуля".

После ручной или интерактивной разводки для нашего тестового примера должна получиться топология, например такая, какая показана на рис. 6.

После этого необходимо сохранить полученный файл *.pcb*, который может быть передан технологам для изготовления плат.

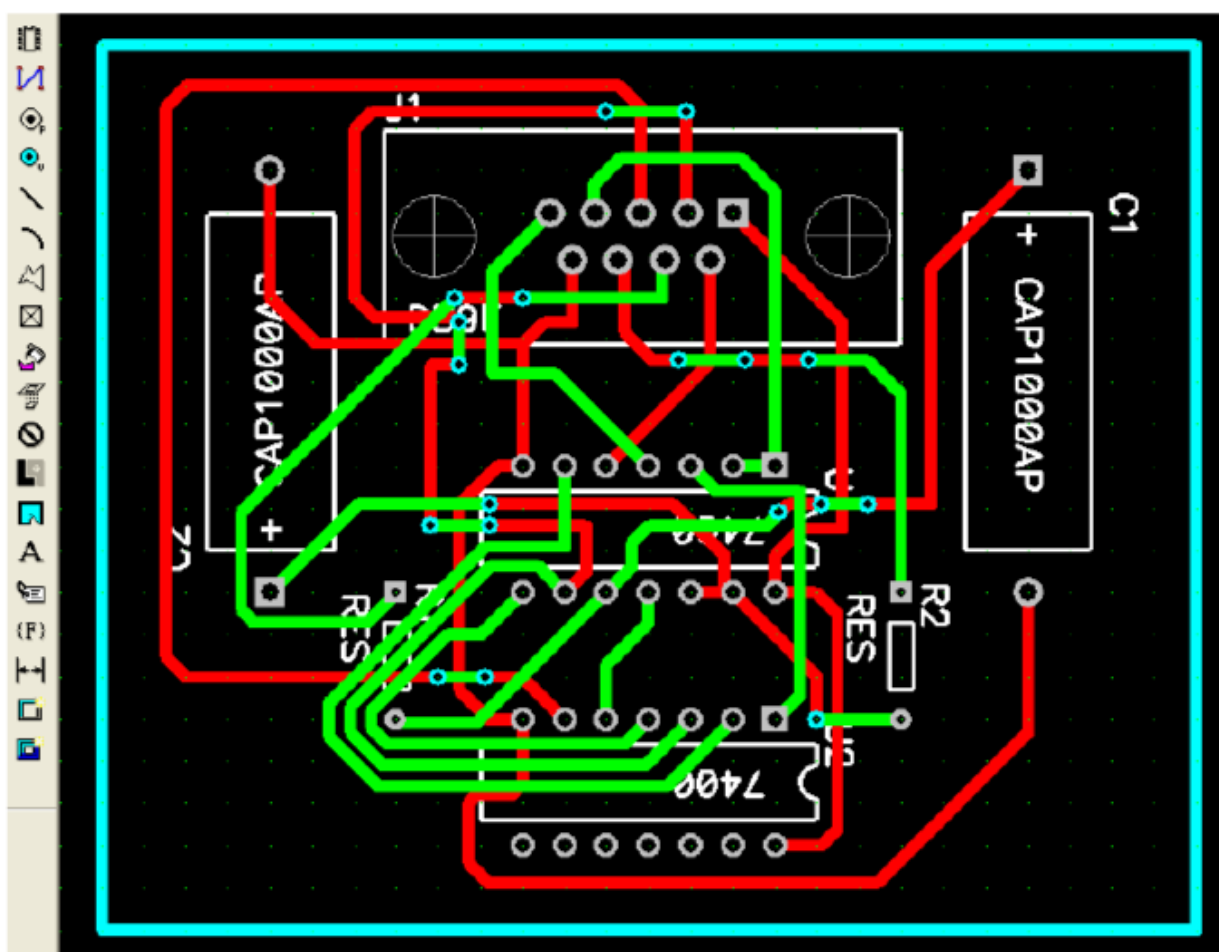


Рис. 6. Пример топологии печатной платы для тестового примера

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

РАЗМЕЩЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Цель работы: научиться создать контур металлизации.

Краткая теория

Для резисторов и конденсаторов найдем в библиотеках соответствующие паттерны, а для выводов питания, входа усилителя и выхода на громкоговоритель предусмотрим соединитель X1 с соответствующим количеством выводов.

В итоге на экран будут выведены компоненты в соответствии с табл. 1.

Таблица 1.

Библиотека	Имя паттерна	Позиционное обозначение компонента
PCBMAIN	DIP8	DD1
	RES300	R1, R2
	CAP100	C1, C5
	CAP100RP	C4
	CAP200RP	C2
	CAP300RP	C3
PCBCONN	IDC6M	X1

Разместим указанные компоненты примерно так, как это показано на рис. 1. Выставив в строке статуса в качестве активного слой *Board*, изобразим с помощью команды *Place/Line* прямоугольную границу платы.

Технологические отверстия по углам платы введем с помощью команды *Place/Arc* в том же слое. Но перед этим желательно установить более мелкий

шаг сетки, например 50 mil. Если такого шага сетки в соответствующем окне прокрутки строки статуса нет, то его надо добавить с помощью пункта основного меню *Options/ Grids*. Для ввода окружности, например, диаметром 100 mil, необходимо нажать и отпустить левую кнопку мыши в месте какой-либо точки окружности, а затем сдвинуть курсор на 1 деление (50 mil) - в место расположения центра, и вновь нажать кнопку. После этого отобразится окружность диаметром 100 mil.

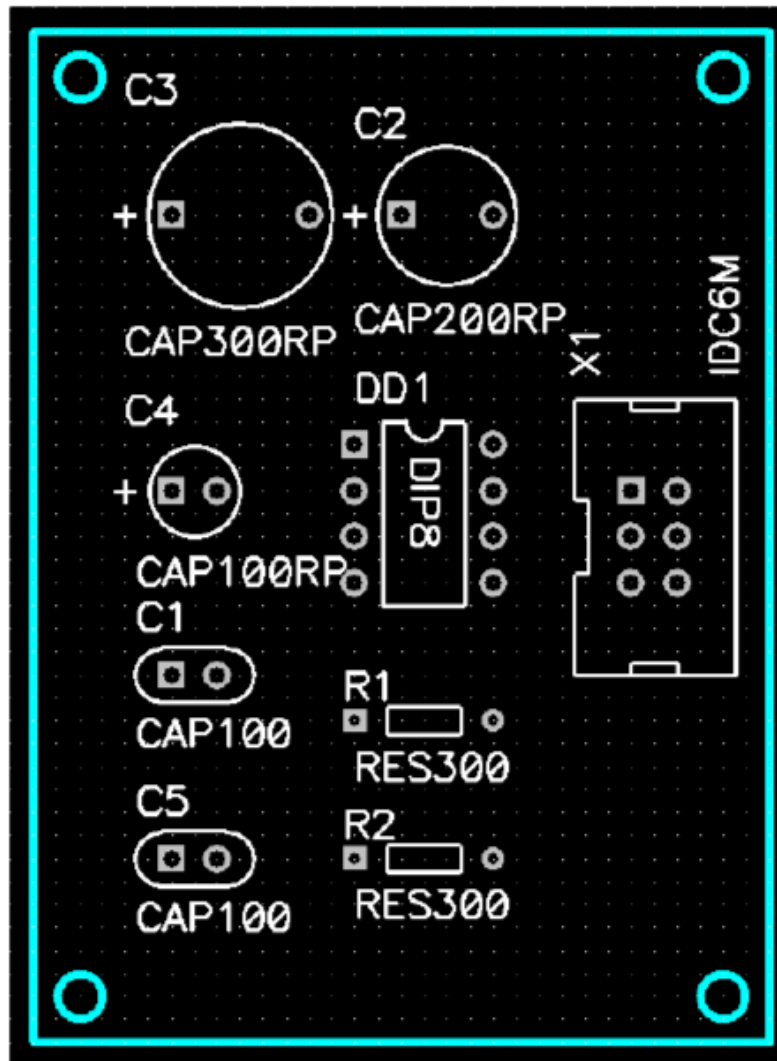


Рис. 1. Размещение компонентов на поле платы

Ввод "резиновых" связей и трассировка

Следующий этап - ввод "резиновых" связей. До этого в строке статуса необходимо сделать активным какой-либо сигнальный слой (*Top* или *Bottom*) Ввод этих связей осуществляется с помощью команды *Place/Connection*

(кнопка ).

Каждая очередная связь вводится нажатием левой кнопки мыши на контакте компонента, перетаскиванием курсора (без отпускания кнопки) к другому соединяемому контакту и отпусканием кнопки. После этого, если связь новая, появляется окно с предложением ввести имя связи или подтвердить предлагаемое по умолчанию. Заменять предлагаемые имена имеет смысл только для связей особого значения (GND - для цепи земли, +5V - для соответствующей цепи питания, OUTPUT - для цепи выходного сигнала и т.п.).

После ввода всех связей плата будет выглядеть, как показано на рис. 2.

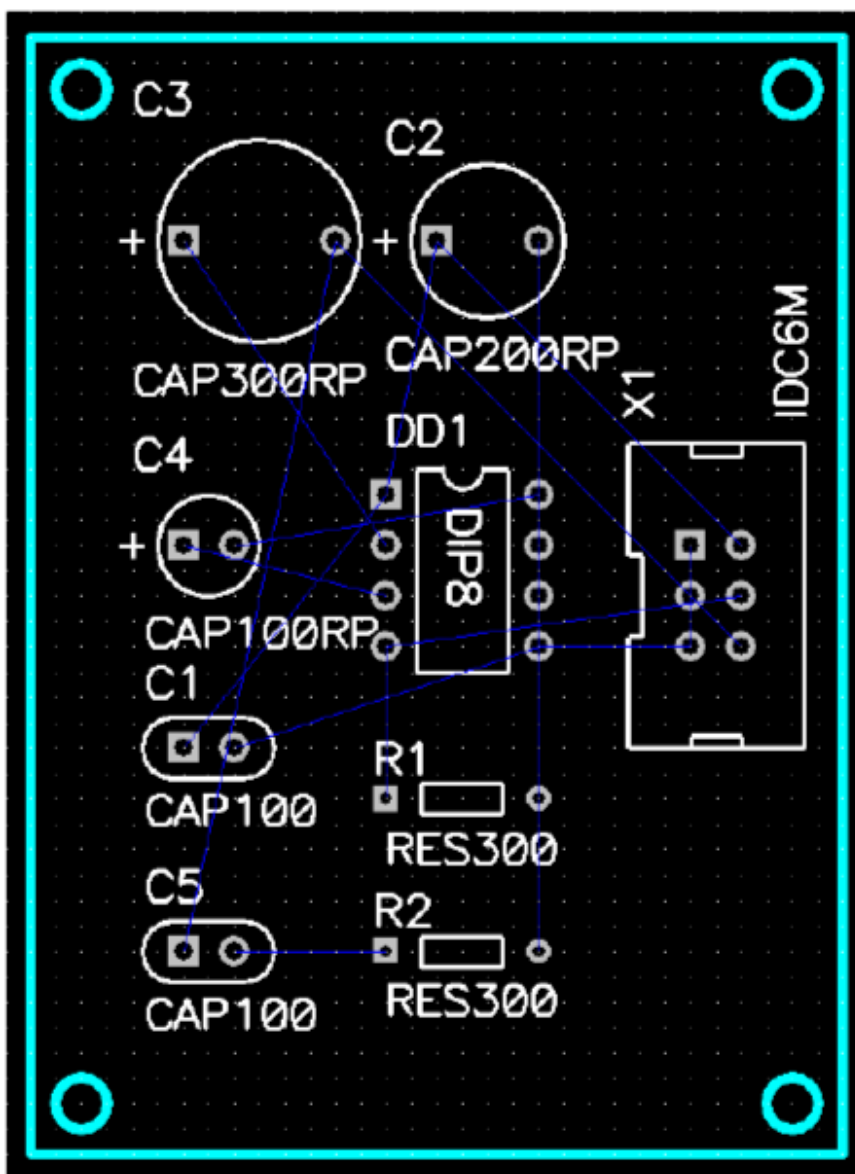


Рис. 2. Вид платы после ввода «резиновых» связей

После ввода связей имеет смысл сделать очевидно полезные перестановки компонентов, их повороты, перемещения, рационализирующие связи и делающие проще будущую трассировку.

Следующий этап - собственно трассировка, которая выполняется так же, как в предыдущей работе. Рекомендуется выставить значение ширины проводников 40 mil. Трассировку имеет смысл выполнить в двух слоях, причем в верхнем слое (Top) можно развести цепи земли и питания, а в нижнем слое (Bottom) - все остальные. Пример трассировки показан на рис.3.

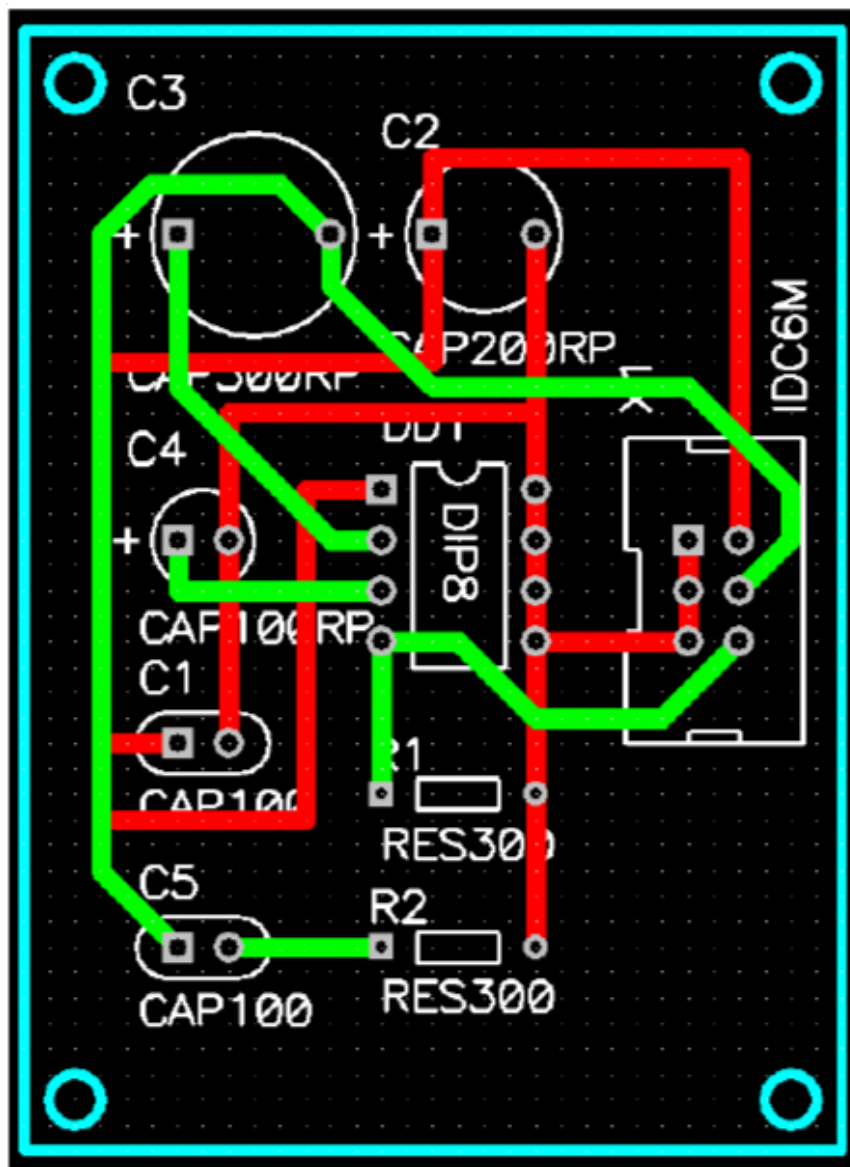



Рис. 3. Топология платы после трассировки

Размещение областей металлизации

Области металлизации, подсоединенные к какой-либо цепи (как правило, к цепи земли GND), выполняют с целью экранирования цепей и минимизации количества вытравливаемой меди.

Предположим, требуется ввести области металлизации, подключенные к цепи GND, на нижнем слое (Bottom).

Для этого сначала надо сделать активным слой Bottom. Затем включить команду *Place/ Copper Pour* (кнопка ). После активизации команды необходимо ввести контуры многоугольника, в пределах которого будет осуществляться заливка свободных площадей платы медью. Пример контура металлизации показан на рис. 4.

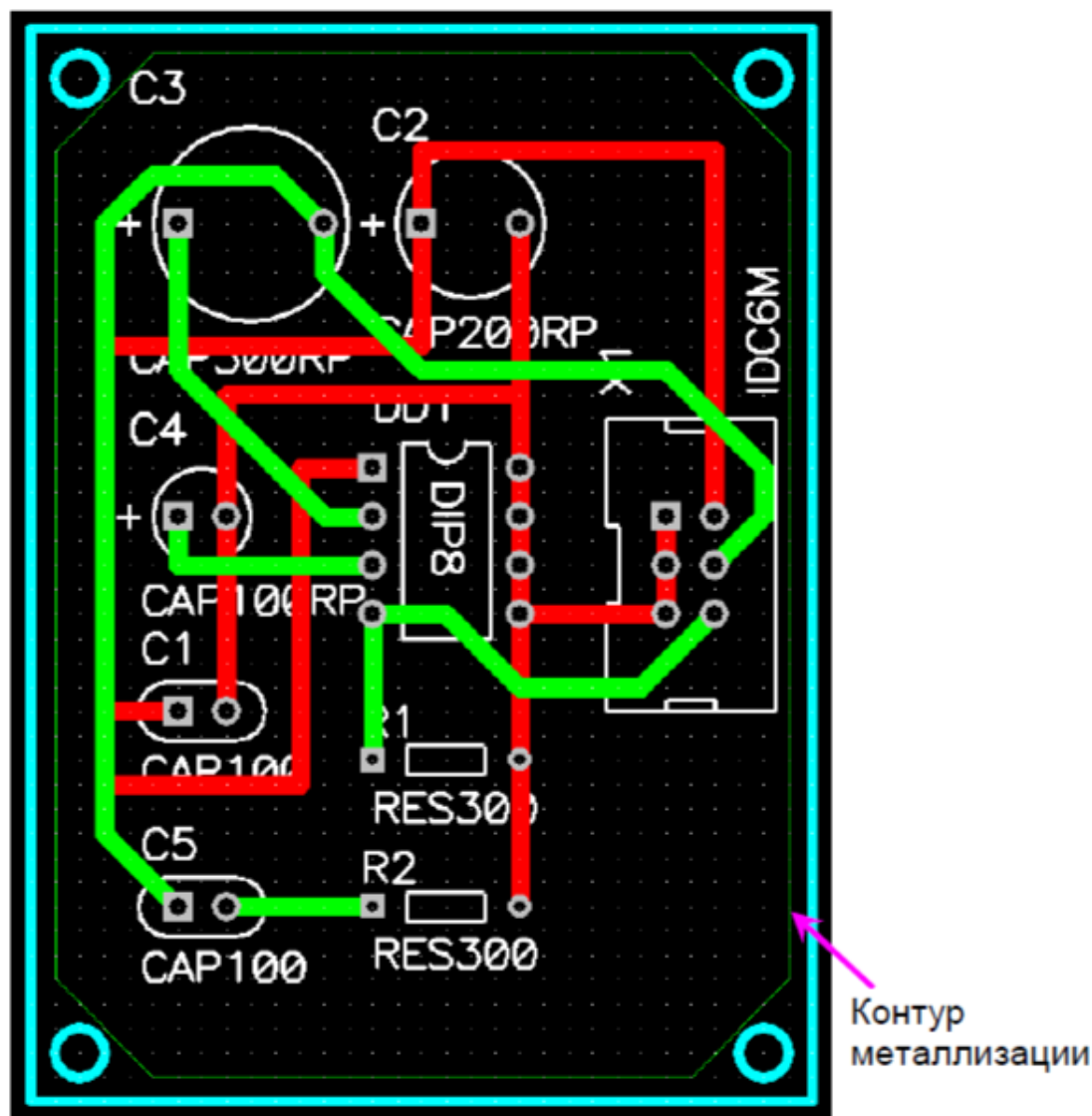



Рис. 4. Пример контура металлизации

Каждое нажатие левой кнопки мыши соответствует очередному углу многоугольника. Завершить ввод следует нажатием правой кнопки мыши.

После ввода контура он может быть отредактирован, если нажать кнопку  (Select) в панели команд, кликнуть курсором на любой точке контура, а затем с помощью курсора изменить расположение углов контура.

После выделения контура можно также изменить его свойства. Для этого после выделения контура надо нажать правую кнопку мыши и выбрать в контекстном меню *Properties* (Свойства). Во вкладке *Style* этого окна следует сделать установки, как на рис. 5. Среди типов заливок (*Pattern*) в зоне установок *Fill Characteristics* стоит выбрать крайний левый образец (сплошной). Все остальные заливки сетчатые. В зоне *Backoff Smoothness* устанавливается степень сглаживания огибающего контура вокруг контактных площадок. В зоне *State* устанавливается одно из состояний заливки: *Poured* (залито), *Unpoured* (заливка удалена), *Repour* (перезаливка после изменения установок).

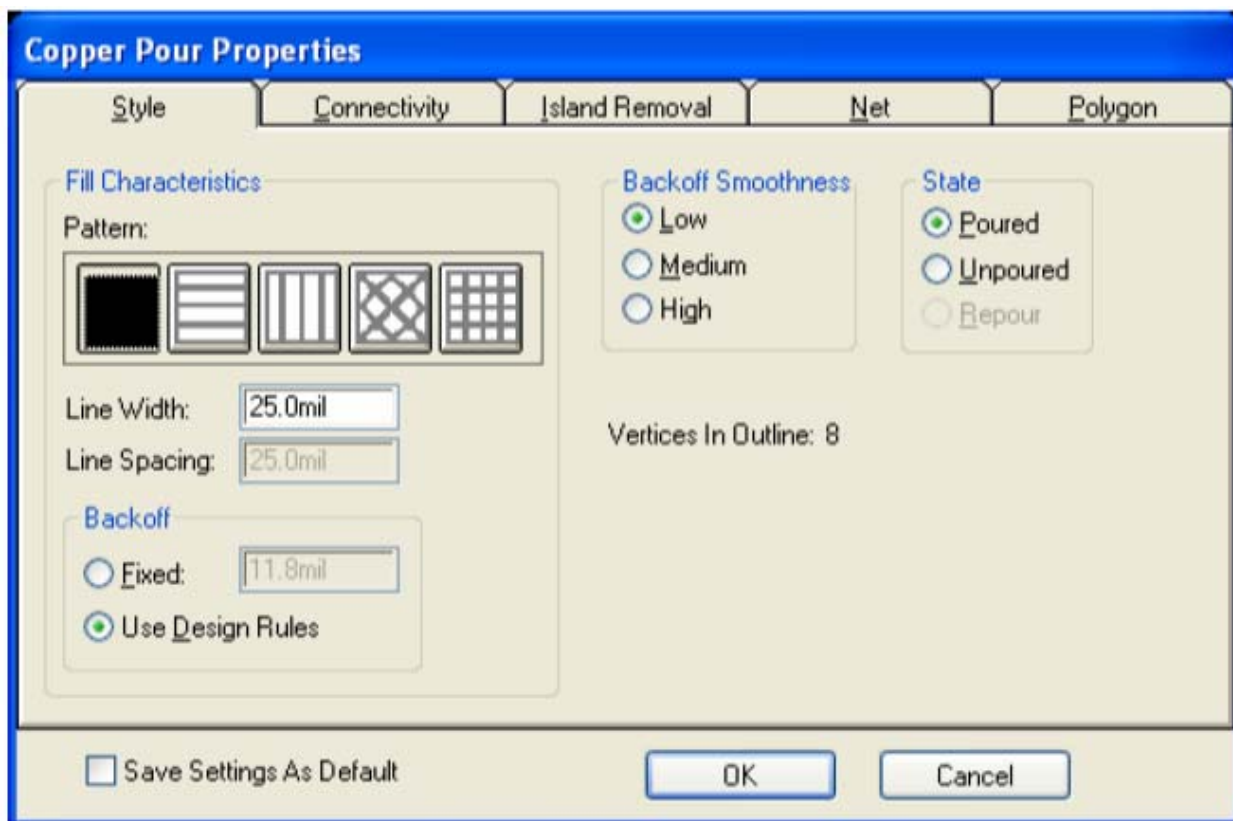


Рис. 5. Установки на вкладке Style окна Copper Pour Properties

Во вкладке *Connectivity* этого окна следует сделать установки, касающиеся подсоединения области металлизации к какой-либо цепи (рис. 6). В строке ввода *Net* надо выбрать подключаемую цепь (GND). В области *Pad Thermals* вводят параметры термобарьеров. Термобарьер - это область диэлектрика, разделяющая электрически соединенные контактную площадку и сплошную область металлизации с целью уменьшения теплоотвода при пайке контактной площадки. Электрическая связь контактной площадки с областью металлизации осуществляется посредством узких перемычек - "спиц". Расположение "спиц" и их ширина (*Spoke Width*) определяются в области *Pad Thermals*. Рекомендуется установить 45° и $Spoke\ Width = 15\ mil$.

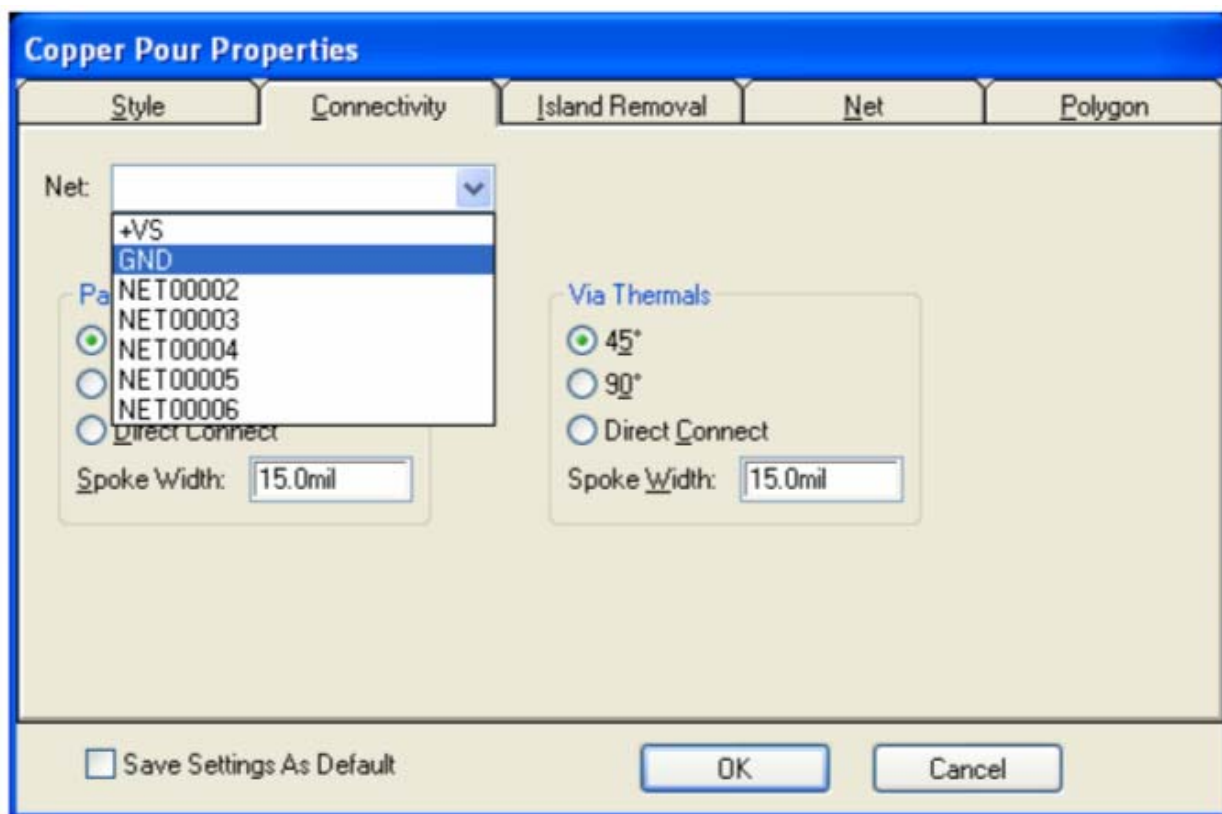


Рис. 6. Установки на вкладке Connectivity окна Copper Pour Properties

Если в зоне установок *Pad Thermals* или *Via Thermals* сделать установку *Direct Connect*, то контактная площадка или переходное отверстие войдут в сплошную заливку непосредственно, без всяких термобарьеров и перемычек-спиц.

После нажатия кнопки ОК сделанные установки вступят в силу и на

слое Bottom появится изображение, показанное на рис. 7.

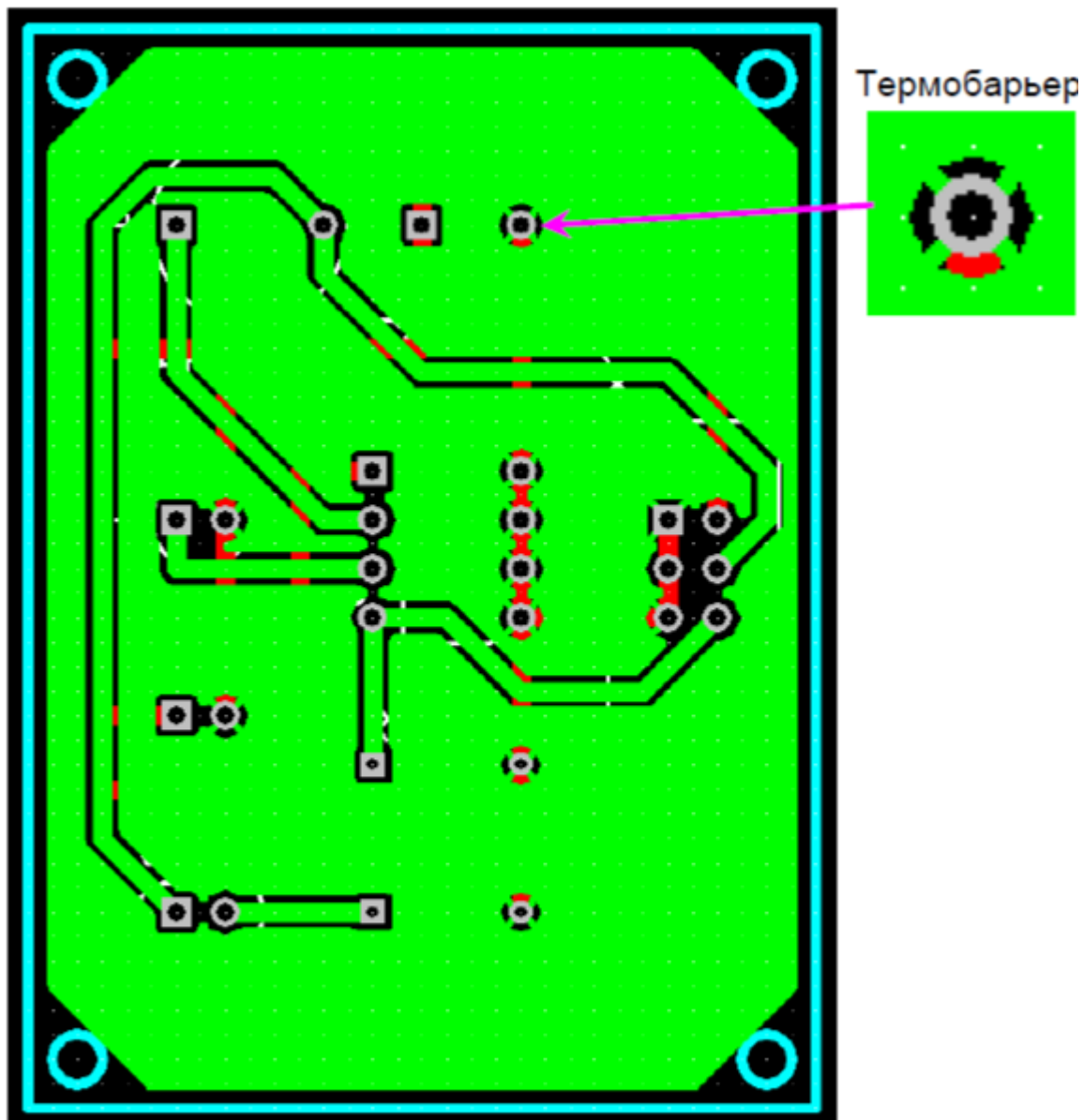


Рис. 7. Область металлизации на слое Bottom
(укрупненно показан термобарьер для одной из контактных площадок)

После выполнения всех описанных действий и получения топологии платы необходимо сохранить работу с помощью команды *File/Save as*.

Вывод результатов работы на печать

Вывод результатов на печать рассмотрим на примере пакета P-CAD 2006. Предположим, на печать необходимо вывести в виде отдельных документов монтажную схему (без изображений проводников), топологию

верхней стороны ПП и топологию нижней стороны ПП (зеркально). Принтер - лазерный черно-белый.

Вывод на печать осуществляется посредством меню *File/ Print*.

Сначала необходимо подготовить задания для печати для каждого из запланированных документов.

После открытия окна *File Print* (рис. 8) введем в строку ввода *Print Job Name* имя первого задания, например: MONT, а затем нажать кнопку *Add*, чтобы имя задания появилось в списке *Print Jobs*.

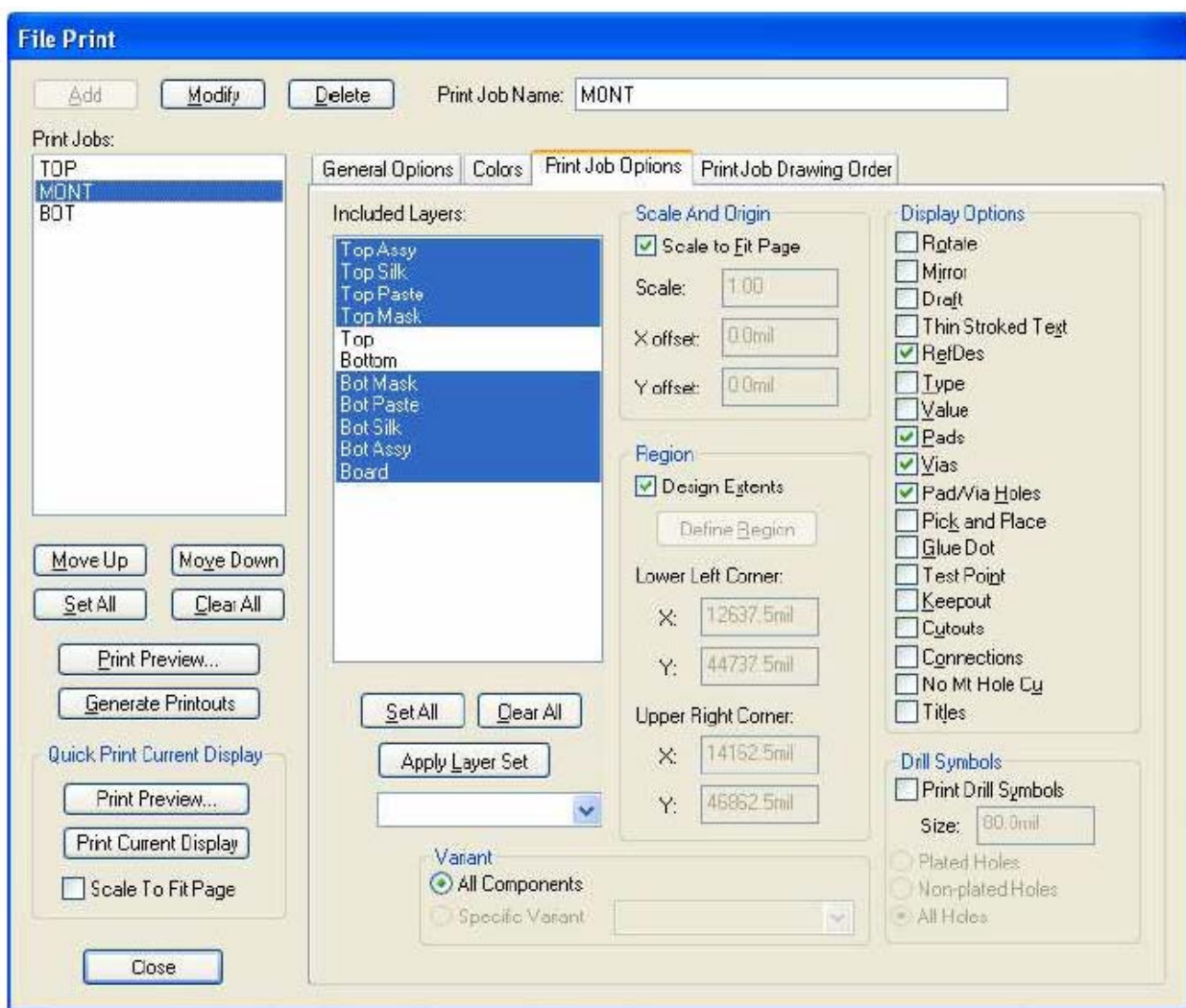


Рис. 8. Окно File Print

Откроем вкладку *Print Job Options*. В области *Included Layers* покажем необходимые для изображения слои. Для монтажной схемы понадобятся все слои, кроме *Top* и *Bottom*. Выделим сначала в списке

все слои с помощью кнопки *Set All*. Затем, нажав и удерживая клавишу CTRL на клавиатуре, пометим в списке слои *Top* и *Bottom*, отменяя тем самым их выделение.

В области ввода *Scale and Origin* выставим флажок *Scale to Fit Page*. Это значит, что изображение будет развернуто до текущего формата бумаги принтера. Если этот флажок не ставить, то доступными будут ввод масштаба изображения в строке *Scale* и смещения по координатам X и Y (относительно левого нижнего угла листа). Очень важным является правильная установка флажков в области *Display Options*. Для монтажной схемы надо включить флажки *Ref-Des, Pads, Vias, Pad/Via Holes*.

Все установки сделаны. Необходимо нажать кнопку *Modify* (ее необходимо нажимать каждый раз после очередного изменения задания для печати) а затем кнопку *Print Preview*. В специальном окне будет отображено требуемое изображение для вывода на печать (рис. 9). Чтобы распечатать его, надо нажать кнопку *Print* в верхней части окна.

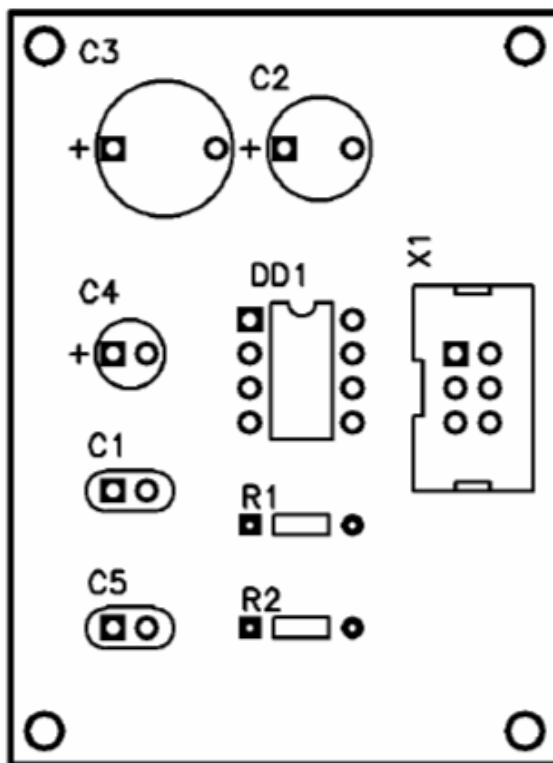


Рис. 9. Изображение монтажной схемы

Создадим аналогично задание для печати верхнего слоя платы. Назовем его, например, TOP. Необходимые слои в списке *Included Layers: Top* и *Board*. В области *Display Options* надо включить флажки *Pads*, *Vias*, *Pad/Via Holes*. Для того, чтобы изображения проводников отображались черным для любых слоев, во вкладке *Colors* выберем курсором кнопку *Top* и назначим всей строке черный цвет. После нажатия кнопок *Modify* и *Print Preview* увидим соответствующее изображение для вывода на печать (рис. 10).

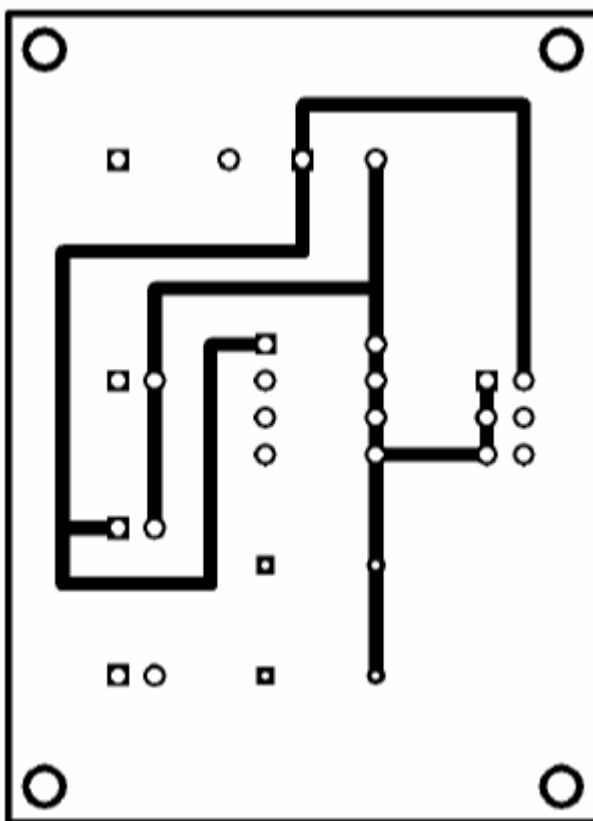


Рис. 10. Изображение топологии верхней стороны платы

Создадим задание для печати нижнего слоя платы. Назовем его, например, BOT. Необходимые слои в списке *Included Layers: Bottom* и *Board*. В области *Display Options* надо включить флажки *Mirror* (для зеркального отображения) *Pads*, *Vias*, *Pad/Via Holes*. После нажатия кнопок *Modify* и *Print Preview* увидим зеркально отображенную топологию нижнего слоя платы (рис. 11).

Распечатку всей серии созданных изображений можно выполнить, выбрав в списке *Print Jobs* окна *File Print* необходимые задания для печати, а

затем нажав кнопку *Generate Printouts*.

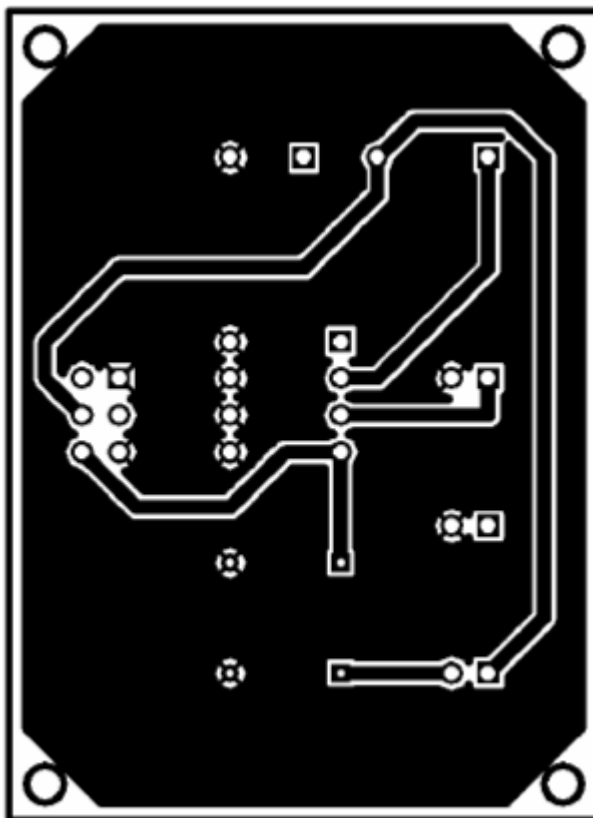


Рис. 11. Изображение топологии нижней стороны платы

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

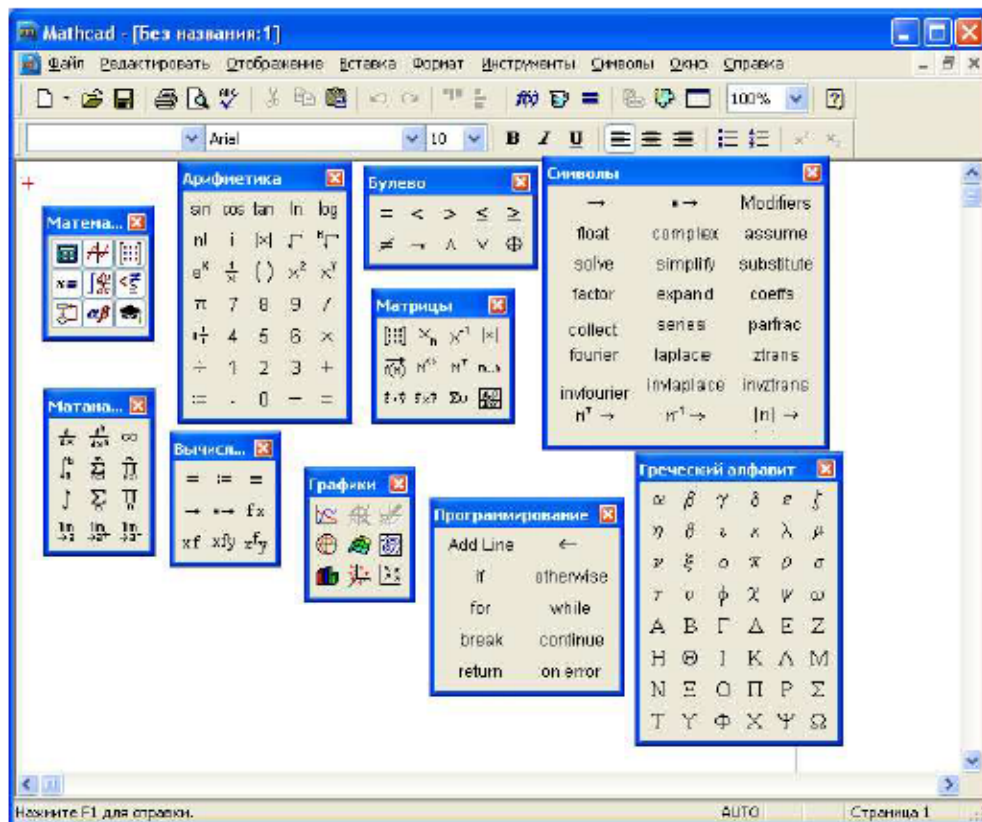
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ В MATHCAD

Цель работы: Изучить основы работы с Mathcad.

Общие сведения

Основное окно приложения имеет ту же структуру, что и большинство приложений Windows. Сверху вниз располагаются заголовок окна, строка меню, панели инструментов (стандартная и форматирования) и рабочий лист, или рабочая область, документа. Новый документ создается автоматически при запуске MathCAD. Файлы документов в MathCAD имеют расширение **.mcd**.

Большинство команд можно выполнить как с помощью меню (верхнего или контекстного), так и панелей инструментов или клавиатуры.



Панель Math (Математика) предназначена для вызова на экран еще девяти панелей, с помощью которых происходит вставка математических операций в документы. Чтобы вызвать какую-либо из них, нужно нажать соответствующую кнопку на панели Математика.

В окне редактирования формируется документ MathCAD. Новый документ получает имя Untitled (Без названия) и порядковый номер. Одновременно открыто может быть до восьми документов.

Документ состоит из трех видов областей: формульных, текстовых и графических. Расположение нетекстовых блоков в документе имеет принципиальное значение. Области просматриваются системой, интерпретируются и исполняются. *Просмотр идет слева направо и сверху вниз.*

Для ввода текстового комментария нужно выполнить команду Text Region (Текстовая область) из пункта меню Insert или нажать клавишу с двойной кавычкой (“”), или нажать на кнопку текста на панели инструментов. Текстовая область служит для размещения текста между формулами и графиками.

При этом в месте ввода появляется курсор в виде вертикального штриха, на место которого вводятся символы текста. Внутри текста курсор перемещается клавишами перемещения курсора. Переход на новую строку производится нажатием на клавишу Enter. Для окончания ввода нужно щелкнуть мышью вне текстовой области.

Для ввода формулы нужно установить указатель мыши в свободном месте окна редактирования и щелкнуть левой кнопкой мыши. Появится визир в виде красного крестика. Он указывает место, с которого начинается набор формулы.

Константы и переменные

Константами называются поименованные объекты, хранящие некоторые значения, которые не могут быть изменены.

В MathCAD применяются десятичные, восьмеричные и шестнадцатеричные числовые константы. Десятичные константы могут быть целочисленными, вещественными, заданными с фиксированной точкой, и вещественными, заданными в виде мантииссы и порядка.

В MathCAD содержится особый вид констант - размерные. Помимо своего числового значения они характеризуются еще и указанием на то, к какой физической величине они относятся. Для этого указания используется символ умножения. В системе MathCAD заданы следующие основные типы физических величин: time (время), length (длина), mass (масса) и charge (заряд). При необходимости их можно изменить на другие.

Переменные являются поименованными объектами, которым присвоено некоторое значение, которое может изменяться по ходу выполнения программы. Тип переменной определяется ее значением; переменные могут быть числовыми, строковыми, символьными и т. д. Имена констант, переменных и иных объектов называют идентификаторами.

Имя переменной называется идентификатором. MathCAD различает в идентификаторах символы верхнего и нижнего регистров. Например: ABC и AbC имена разных переменных.

Идентификаторы MathCAD должны начинаться с буквы и могут содержать следующие символы:

- латинские буквы любого регистра;
- арабские цифры от 0 до 9;
- символ подчеркивания (), символ процент (%) и символ (.);
- буквы греческого алфавита (набираются с использованием клавиши Ctrl или применяется палитра греческих букв).

Определение переменных

Переменные должны быть предварительно определены пользователем, т. е. им необходимо хотя бы однажды присвоить значение. В качестве оператора присваивания используется знак :=, тогда как знак = отведен для вывода значения константы или переменной. Попытка использовать неопределенную переменную ведет к выводу сообщения об ошибке.

В MathCAD различают: локальные и глобальные переменные.

Локальные переменные вводятся:

Имя_переменной : выражение

На экране:

Имя_переменной := выражение

Глобальные переменные вводятся:

Имя_переменной ~ выражение

На экране:

Имя_переменной ≡ выражение

Если переменной присваивается начальное значение с помощью оператора :=, такое присваивание называется локальным. До этого присваивания переменная не определена и ее нельзя использовать. MathCAD читает рабочий документ слева направо и сверху вниз, поэтому определив переменную, ее можно использовать в вычислениях везде правее и ниже равенства, в котором она определена. Однако с помощью знака ≡ (три горизонтальные черточки) можно обеспечить глобальное присваивание, т. е. оно может производиться в любом месте документа. К примеру, если переменной присвоено таким образом значение в самом конце документа, то она будет иметь это же значение и в начале документа.

Например:

Ввод с клавиатуры	Вид на экране
local:137	local := 137 локальное определение переменной local;
global~987.23	global ≡ 987.23 глобальное определение переменной global.

Переменные могут использоваться в математических выражениях, быть аргументами функций или операндом операторов.

Переменные могут быть и размерными, т. е. характеризоваться не только своим значением, но и указанием физической величины, значение которой они хранят. Проведение расчетов с размерными величинами и переменными особенно удобно при решении различных физических задач.

Предопределенные переменные

Предопределенные (системные) переменные – особые переменные, которым изначально системой присвоены начальные значения.

Переменная	Ввод	Назначение	Значение по умолчанию
π	Ctrl + Shift + p	Число π	3.14159
e	e	Основание натурального логарифма	2.718
∞	Ctrl + Shift + z	Системная бесконечность	10^{307}
i или j	li или lj	Мнимая единица	
%		Процент	0.01
TOL		Погрешность численных методов	0.001
ORIGIN		Нижняя граница индексации массивов	0

Операторы

Операторы - элементы языка, с помощью которых можно создавать математические выражения. К ним, например, относятся символы арифметических и логических операций, знаки вычисления сумм, произведений, производной и интеграла и т. д.

Операторы, обозначающие основные арифметические действия, вводятся с панели Calculator (Калькулятор, Арифметика).

Вычислительные операторы вставляются в документы при помощи панели инструментов Calculus (Матанализ). При нажатии любой из кнопок в документе появляется символ соответствующего математического действия, снабженный несколькими местозаполнителями. Количество и расположение местозаполнителей определяется типом оператора и в точности соответствует их общепринятой математической записи.

Результатом действия логических, или булевых, операторов являются только числа 1 (если логическое выражение, записанное с их помощью, истинно) или 0 (если логическое выражение ложно).

Вычислительные операторы сгруппированы на панели Evaluation (Вычисления):

- Численный вывод (Evaluate Numerically) =
- Символьный (аналитический) вывод (Evaluate Symbolically) →
- Присваивание (Definition) :=
- Глобальное присваивание (Global Definition) ≡.

Оператор	Клавиша	Назначение оператора
$X := Y$	$X : Y$	Локальное присваивание X значения Y
$X \equiv Y$	$X \sim Y$	Глобальное присваивание X значения Y
$X =$	$X =$	Вывод значения X
$X + Y$	$X + Y$	Сложение X с Y
$X - Y$	$X - Y$	Вычитание из X значения Y
$X \cdot Y$	$X * Y$	Умножение X на Y
$\frac{X}{Z}$	X / Z	Деление X на Z
$X \div Y$	$Ctrl + /$	Линейное деление
$\frac{b}{a \frac{c}{d}}$	$Ctrl + Shift + +$	Дробь (смешанный номер)
z^w	$z \wedge w$	Возведение z в степень w
\sqrt{z}	$z \sqrt{\quad}$	Вычисление квадратного корня из z
$n!$	$n !$	Вычисление факториала
B_n	$B [n$	Ввод нижнего индекса n
$A_{n,m}$	$A [n , m$	Ввод двойного нижнего индекса
$A^{>n}$	$A Ctrl + b n$	Ввод верхнего индекса (для векторов)

Ранжированные (дискретные) переменные

Ранжированная переменная – переменная, которая принимает ряд значений при каждом ее использовании.

Для определения ранжированной переменной общего вида используется выражение:

Имя_переменной := начальное_значение, начальное_значение + шаг .. конечное_значение.

Если шаг равен 1, тогда ранжированную переменную можно задавать следующим образом:


Имя_переменной := начальное_значение.. конечное_значение.

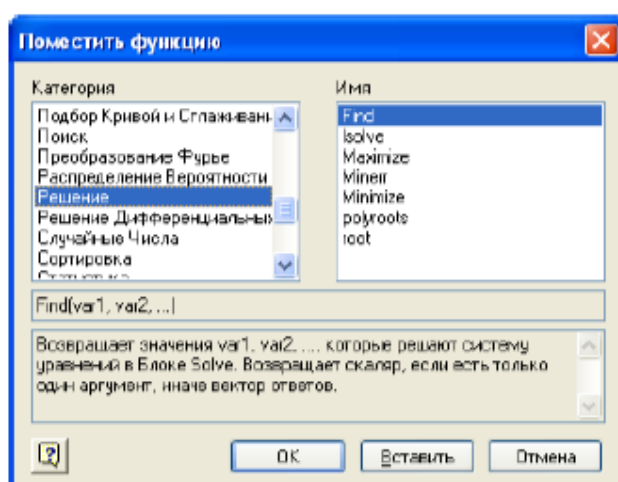
Любое выражение с ранжированными переменными после знака равенства (=) создает таблицу вывода.

Определение функций

Функция – выражение, согласно которому проводятся некоторые вычисления с его аргументами и определяется его числовое значение.

Функции в пакете MathCAD могут быть встроенные и определенные пользователем.

В MathCAD имеется множество встроенных функций. Для их ввода используется команда меню Вставка → Функция или кнопка на панели инструментов . В диалоговом окне нужно выбрать Категорию и соответствующую функцию.



Функция пользователя вначале должна быть определена, а затем к ней может быть произведено обращение. Функция пользователя определяется следующим образом:

Имя_функции(Переменная1, Переменная2, ...) := Выражение

Задается имя функции, в скобках указывается список аргументов функции - это перечень используемых в выражении переменных, разделяемых запятыми. Затем записывается знак присваивания, справа от которого записывается выражение. Выражение - это любое арифметическое выражение, содержащее доступные системе операторы и функции с операндами и аргументами, указанными в списке аргументов.

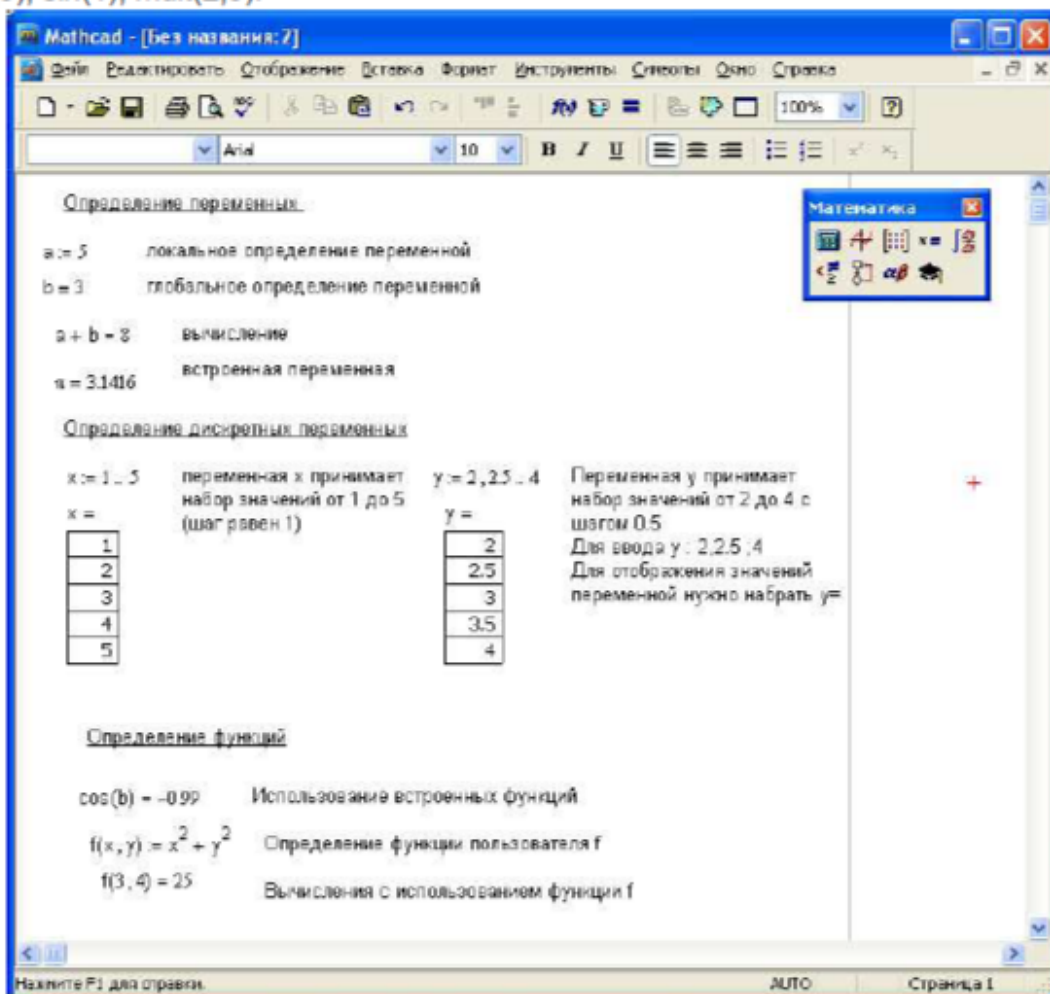
Примеры задания функций одной и двух переменных:

$f(x) := 10 - \exp(x)$

$\text{mult}(x, y) := x * y$

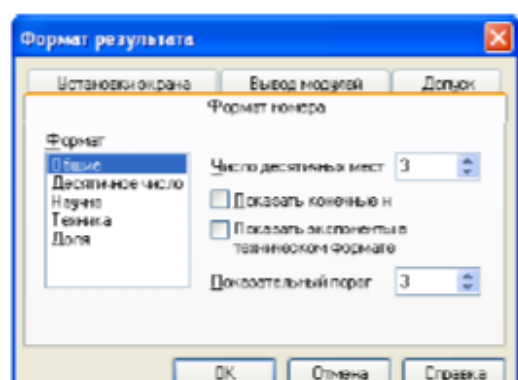
Обращение к функции осуществляется по ее имени с подстановкой на место аргументов констант, переменных, определенных до обращения к функции, и выражений. Например:

$f(3)$, $\sin(1)$, $\text{mult}(2,3)$.



Форматирование результатов

Способ, которым MathCAD выводит числа, называется форматом результата. Формат результата может быть установлен для всего документа (глобальный формат) или для отдельного результата (локальный формат).



Глобальный формат устанавливается командой меню **Формат→Результат**. В диалоговом окне, появляющемся после выбора этой команды, устанавливается выводимая точность числа, диапазон показателя степени (если вывод чисел нужен в форме с плавающей запятой) и точность


нуля. После внесения требуемых изменений нужно нажать кнопку ОК.

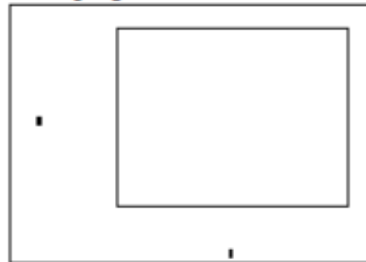
Для установки формата отдельного числа нужно: щелкнуть мышью на выражении, результат которого нужно переформатировать; вызвать команду форматирования и проделать вышеописанные действия.

Построение графиков

Для построения графика используется команда меню Вставка→Графики.

Для создания декартового графика:

1. Установить визир в пустом месте рабочего документа;
2. Выбрать команду Вставка ⇒ График ⇒ X-Y график, или нажать комбинацию клавиш Shift + @, или щелкнуть кнопку  панели Графики. Появится шаблон декартового графика;



3. Введите в средней метке под ось X первую независимую переменную, через запятую – вторую и так до 10, например: x1, x2, ...;

4. Введите в средней метке слева от вертикальной оси Y первую независимую переменную, через запятую – вторую и т. д., например: y1(x1), y2(x2), ..., или соответствующие выражения;

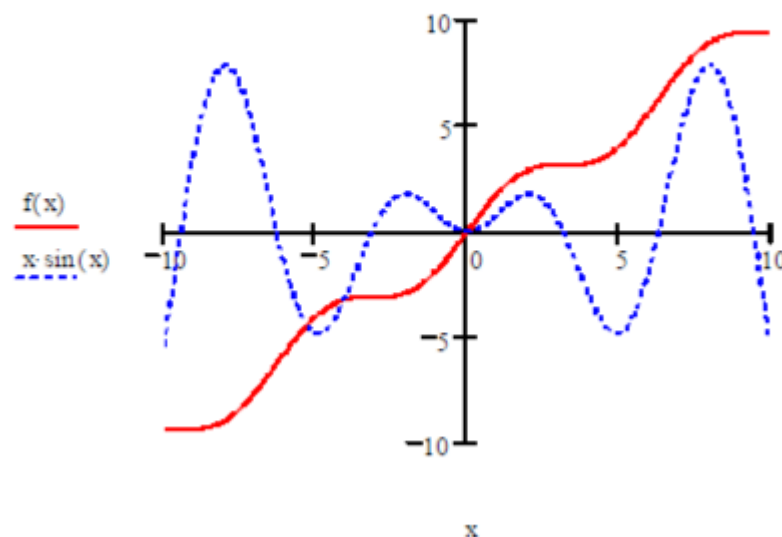
5. Щелкните за пределами области графика, чтобы начать его построение.

Можно построить несколько зависимостей на одном графике. Для этого нужно ввести соответствующие функции у вертикальной оси (оси ординат). Чтобы разделить описания функций, вводить их нужно через запятую.

Пример. Фрагмент рабочего документа MathCAD

Зададим функцию пользователя f

$$f(x) := x + \sin(x)$$



Задания к лабораторной работе 1

Задание № 1

Вычислить значение арифметического выражения:

Вариант	Выражение	Вариант	Выражение
1	$1\frac{1}{4} + \frac{1}{9}$	2	$1\frac{1}{7} + 2\frac{1}{5}$
3	$3\frac{3}{4} - \frac{4}{5}$	4	$\frac{5}{7} \div \frac{4}{21}$
5	$\frac{1}{3} \div \frac{5}{12}$	6	$\frac{5}{6} \cdot 2.4$
7	$\frac{4}{5} - 2.5$	8	$3\frac{1}{11} + \frac{1}{3}$
9	$\frac{1}{5} + 2\frac{1}{9}$	10	$5\frac{2}{3} \cdot \frac{9}{17}$
11	$8\frac{1}{2} \cdot \frac{7}{14}$	12	$\frac{1}{5} + 4\frac{1}{2}$
13	$\frac{1}{35} \div \frac{4}{5}$	14	$\frac{5}{9} \cdot 1.8$
15	$\frac{2}{9} \cdot 1.8$	16	$\frac{2}{3} \div \frac{8}{9}$

Задание № 2

Вычислить значение арифметического выражения:

Вариант	Выражение	Вариант	Выражение
1	$\frac{\left(13.75 + 9\frac{1}{6}\right) \cdot 1.2 + \left(6.8 - 3\frac{3}{5}\right) \cdot 5\frac{5}{6} - 27\frac{1}{6}}{\left(10.3 - 8\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{5}{9} + \left(3\frac{2}{3} - 3\frac{1}{6}\right) \cdot 5.6}$	2	$\frac{\left(\frac{1}{6} + 0.1 + \frac{1}{15}\right) \div \left(\frac{1}{6} + 0.1 - \frac{1}{15}\right) \cdot 2.52}{\left(0.5 - \frac{1}{3} + 0.25 - \frac{1}{5}\right) \div \left(0.25 - \frac{1}{6}\right) \cdot \frac{7}{13}}$
3	$\left(\frac{3\frac{1}{3} + 2.5}{2.5 - \frac{1}{3}} \cdot \frac{4.6 - 2\frac{1}{3}}{4.6 + 2\frac{1}{3}} \cdot 5.2\right) \div \left(\frac{0.05}{\frac{1}{7} - 0.125} + 5.7\right)$	4	$\frac{0.4 + 8 \cdot \left(5 - 0.8 \cdot \frac{5}{8}\right) - 5 \div 2\frac{1}{2}}{\left(1\frac{7}{8} \cdot 8 - \left(8.9 - 2.6 \div \frac{2}{3}\right)\right)} \cdot 34\frac{2}{5} \cdot 90$

5	$\frac{\left(\frac{3}{5} + 0.425 - 0.005\right) \div 0.1}{30.5 + \frac{1}{6} + 3\frac{1}{3}} + \frac{6\frac{3}{4} + 5\frac{1}{2}}{26 \div 3\frac{5}{7}} - 0.05$	6	$\frac{3\frac{1}{3} \cdot 1.9 + 19.5 \div 4\frac{1}{2}}{\frac{62}{75} - 0.16} + \frac{3.5 + 4\frac{2}{3} + 2\frac{2}{15}}{0.5 \cdot \left(1\frac{1}{20} + 4.1\right)}$
7	$\frac{\left(1\frac{1}{5} \div \left(\frac{17}{40} + 0.6 - 0.005\right)\right) \cdot 1.7}{\frac{5}{6} + 1\frac{1}{3} - 1\frac{23}{30}} + \frac{4.75 + 7\frac{1}{2}}{33 \div 4\frac{5}{7}} \div 0.25$	8	$\frac{\left(4.5 \cdot 1\frac{2}{3} - 6.75\right) \cdot \frac{2}{3}}{\left(3\frac{1}{3} \cdot 0.3 + 5\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{8}\right) \div 2\frac{2}{3}} + \frac{1\frac{4}{11} \cdot 0.22 \div 0.3 - 0.96}{\left(0.2 - \frac{3}{40}\right) \cdot 1.6}$
9	$\frac{\left(1.88 + 2\frac{3}{25}\right) \cdot \frac{3}{16} + \left(\frac{0.216}{0.15} + 0.56\right) \div 0.5}{0.625 - \frac{13}{18} \div \frac{26}{9}} + \frac{\left(7.7 \div 24\frac{3}{4} + \frac{2}{15}\right) \cdot 4.5}{\left(7.7 \div 24\frac{3}{4} + \frac{2}{15}\right) \cdot 4.5}$	10	$\frac{0.128 \div 3.2 + 0.86}{\frac{5}{6} \cdot 1.2 + 0.8} \cdot \frac{\left(1\frac{32}{63} - \frac{13}{21}\right) \cdot 3.6}{0.505 \cdot \frac{2}{5} - 0.002}$
11	$\frac{0.125 \div 0.25 + 1\frac{9}{16} \div 2.5}{(10 - 22 \div 2.3) \cdot 0.46 + 1.6} + \left(\frac{17}{20} + 1.9\right) \cdot 0.5$	12	$\frac{(3.4 - 1.275) \cdot \frac{16}{17}}{\frac{5}{18} \cdot \left(1\frac{7}{85} + 6\frac{2}{17}\right)} + 0.5 \cdot \left(2 + \frac{12.5}{5.75 + \frac{1}{2}}\right)$
13	$\frac{\left(0.3275 - \left(2\frac{15}{88} + \frac{4}{33}\right) \div 12\frac{2}{9}\right) \div 0.07}{(13 - 0.416) \div 6.05 + 1.92}$	14	$\frac{3.75 \div 1\frac{1}{2} + \left(1.5 \div 3\frac{3}{4}\right) \cdot 2\frac{1}{2} + \left(1\frac{1}{7} - \frac{23}{49}\right) \div \frac{22}{147}}{2 \div 3\frac{1}{5} + \left(3\frac{1}{4} \div 13\right) \div \frac{2}{3} - \left(2\frac{5}{18} - \frac{17}{36}\right) \cdot \frac{18}{65}}$
15	$\frac{\left(\left(4.625 - \frac{13}{18} \cdot \frac{9}{26}\right) \div \frac{9}{4} + 2.5 \div 1.25 \div 6.75\right) \div 1\frac{53}{68}}{\left(\frac{1}{2} - 0.375\right) \div 0.125 + \left(\frac{5}{6} - \frac{7}{12}\right) \div (0.358 - 1.4796 - 1)}$	16	$\frac{\left(\left(3\frac{7}{12} - 2\frac{11}{18} + 2\frac{1}{24}\right) \cdot 1\frac{5}{31} - \frac{3}{52} \cdot \left(3\frac{1}{2} + \frac{5}{6}\right)\right) \cdot 1\frac{7}{13}}{\frac{19}{84} \div \left(5\frac{13}{42} - 2\frac{13}{28} + \frac{5}{24}\right) + 1\frac{2}{27} - \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{9}}$

Задание № 3

Вычислить значение арифметического выражения. Результат выведите с 6 знаками после запятой.

Вариант	Значения переменных	Выражение
1	$x = 3.981$ $y = 1.625$ $c = 0.512$	$h = \frac{\sqrt{c + x^2 \cdot (\cos^5(x) - c)} + \sqrt[3]{\sin x + \ln y}}{c + y}$

2	$x = -6.251$ $a = 0.827$ $z = 25.001$	$b = \frac{x^3 + z}{\cos^2 x + 1} + \operatorname{tg} x^2 - \sqrt{\sin x - a} + \frac{e^x}{3x^2}$
3	$x = 3.251$ $y = 3.325$ $z = 0.466$	$h = \frac{\sin z + \cos 2x}{2x^5 + \operatorname{tg} x} + \sqrt[3]{3x + 2y}$
4	$x = 0.622$ $y = 3.325$ $z = 5.541$	$\varphi = \frac{(\cos x - \sin y)^3}{\sqrt{\operatorname{tg}(z)}} + \ln^2(x \cdot y \cdot z)$
5	$x = 17.421$ $b = 10.365$ $z = 0.828$	$k = \frac{1 + \sin^3 x}{z^2} + \cos^2 x + \frac{\ln^2 x + b}{x^4}$
6	$x = 2.444$ $y = 0.869$ $z = -0.166$	$g = \left x^2 - \frac{1}{e^a + 3} \right - \frac{1 + \sin^3 x}{a^2}$
7	$x = 0.335$ $y = 0.025$ $z = 32.005$	$t = y^{x+1} + \sqrt{ x + e^y} - \frac{z^{3x} - \sin^2(y)}{y + z^2 / (e^x)}$
8	$x = 3.258$ $r = 4.005$ $z = -0.666$	$p = \frac{e^x - 2}{z + 3} + \sqrt{\sin^2 x^5} - \frac{r^3 + 1}{\cos^2(r - 2) + 1}$
9	$x = 0.100$ $y = -8.750$ $z = 0.765$	$y = \left((1 + y) \cdot \sqrt{\sin^2(z)} - \frac{ y - x }{5} \right)^3$
10	$x = 1.542$ $a = 3.261$ $z = 8.005$	$r = \frac{x^2}{e^a} + \frac{1}{3} \cdot \sin^2 z - \ln \sqrt{2x}$
11	$k = 1.426$ $a = -1.220$ $p = 3.500$	$w = p^{0.8} + \frac{a}{a - p} - \sin^2 \frac{k^5}{k^5 - 1}$
12	$x = -4.500$ $y = 0.750$ $z = 0.845$	$k = \sqrt{\left \frac{-3 \cdot \operatorname{tg} y \cdot \ln(x^4 + z)}{e^{-x} + 1} \right }$
13	$a = 3.741$ $x = 0.825$ $z = 5.160$	$v = \operatorname{tg} \frac{\sqrt[3]{a}}{5 + a^3} + \frac{\sin z - \operatorname{tg} 2x}{e^x}$
14	$x = 0.400$ $a = 2.875$ $f = -0.475$	$d = \frac{\sin^2 x + 1}{x^4} + \cos^3 x + e^{a-1} - \frac{\sqrt{\sin f^2 + f}}{\cos^2 a}$

15	$t = 0.750$ $a = 0.845$ $m = 2.5$	$f = \frac{e^{ma+t}}{\sqrt[5]{\frac{ma}{t} + ma^2}} + \frac{(am) - e^t}{\sqrt{2+a^2} - m^3 - \ln t }$
16	$x = -15.24$ $a = 5.642$ $b = 20.001$	$u = (1 + x^2) \cdot x + \frac{e^x}{2x^2 + 5} - \frac{a}{b \cdot \cos x^3}$

Задание № 4

Определить ранжированные переменные x , y , и z , показать их значения в таблицах вывода.

Определить по заданному выражению функцию пользователя, вычислить значения функции для переменных x , y , и z и показать их в таблице вывода.

Вариант	Ранжированная переменная	Выражение
1	$x = 3, 3.9..5$ $y = 5, 4.6..1$ $z = 5..10$	$2x^3 - 9x^2 + 1$
2	$x = 4, 4.9..6$ $y = 3, 1.4..-2$ $z = 6..11$	$5x^3 - x^2 + 3$
3	$x = 5, 5.9..7$ $y = -7, -8.6..-13$ $z = 7..12$	$x^2 - 10x + 2$
4	$x = 6, 6.9..8$ $y = 8, 7.4..4$ $z = -8..-4$	$x^2 - 4 \sin(x)$
5	$x = 7, 7.9..9$ $y = 8, 7.3..5$ $z = 9..15$	$\cos 2x - 0.4x^3 + 1$
6	$x = 8, 8.9..10$ $y = 9, 7.8..5$ $z = 10..15$	$(x+1)^3 + x - 2$
7	$x = 3, 3.5..6$ $y = 6, 5.3..2$ $z = 6..10$	$\ln\left(\frac{1}{x}\right) - 4$
8	$x = 5, 5.6..8$ $y = 4, 2.3..0$ $z = 8..13$	$2 \cdot x - \sin x$
9	$x = 3, 3.5..8$ $y = 9, 7.5..-4$ $z = -9..4$	$\frac{1}{x^2} - 3$

10	x = 2, 2.5..7 y = 8, 6.5..1 z = 6..12	$\cos\left(-\frac{x}{100}\right) \cdot \sin\left(\frac{x}{10}\right)$
11	x = 8, 8.3..10 y = 10,7.5..3 z = 1..5	$\sin\left(\frac{2}{x+25}\right) - 4$
12	x = 7,7.5..9.5 y = 9,8.8..6 z = 22..27	$x^2 - 3x + 10$
13	x = 8, 8.9..10 y = 2,1.8..-0.2 z = -1..5	$x^3 + x^2 - 12$
14	x = 2, 2.5..6 y = 10,6.8..1 z = -3..5	$x^2 - 2\cos(x)$
15	x = 8, 8.5..10 y = 6,4.3..1 z = 10..25	$(x-0.5)^3 + 1.5x$
16	x = 1,1.5..5 y = 8,6.8..1 z = -2..4	$x^2 - 2\sin(x)$

Задание № 5

Определить функцию $f(x)$, вычислить ее значение при $x = 2,9$ и построить таблицу значений функции для $x [2; 12]$ с шагом 1. Построить график функции.

Вариант	Функция	Вариант	Функция
1	$\frac{8(x-1)}{(x+2)^2}$	2	$(2x+4)e^{2(x+2)}$
3	$\frac{5x}{x^2+3}$	4	$2 - \frac{3x}{x^2+3}$
5	$\frac{x^3 - 27x + 54}{x^3}$	6	$-(x+4)e^{-x-3}$
7	$-\frac{5x}{x^2+2}$	8	$\left(2 + \frac{1}{x}\right)^2$

9	$\left(\frac{x+2}{x-1}\right)^2$	10	$\frac{2x^2+1}{x^2+3}$
11	$(x+1)e^{x+2}$	12	$(2x-1)e^{2(x-1)}$
13	$\frac{x^2-6x+9}{(x-1)^2}$	14	$\frac{5x^2}{x^2+3}$
15	$(x+4)e^{-x-3}$	16	$\frac{3x-2}{(x+1)^3}$

Задание № 6

На одном графике постройте графики функций:

1. $\sin x$
2. $\sin 2x$
3. $2 \sin x$
4. $\sin x^2$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ В MATHCAD

Цель работы: Расчет параметров и построение графиков для электрических схем в среде Mathcad.

Краткая теория

В MathCAD встроено несколько различных типов графиков, которые можно разбить на две большие группы.

Двумерные графики:

- X-Y (декартовый) график (X-Y Plot);
- полярный график (Polar Plot).

Трёхмерные графики:

- график трёхмерной поверхности (Surface Plot);
- график линий уровня (Contour Plot);
- трёхмерная гистограмма (3D Bar Plot);

- трехмерное множество точек (3D Scatter Plot);
- векторное поле (Vector Field Plot).

Деление графиков на типы несколько условно, т. к., управляя установками многочисленных параметров, можно создавать комбинации типов графиков, а также новые типы (например, двумерная гистограмма распределения является разновидностью простого X-Y графика).

Для построения графиков используются шаблоны. Их перечень содержится в команде меню Вставка^Графики. Большинство параметров графического процессора, необходимых для построения графиков, по умолчанию задается автоматически. Поэтому для начального построения того или иного вида достаточно задать тип графика. В подменю Graph содержится список из семи основных типов графиков.

X-Y Plot	График в декартовой системе координат
Polar Plot	График в полярных координатах
Surface Plot	Трехмерный график
Contour Plot	Контурный график трехмерной поверхности
3D Scatter Plot	График в виде точек (фигур) в трехмерном пространстве
3D Bar Chart	График для изображения в виде совокупности столбиков в трехмерном пространстве (гистограмма)
Vector Field Plot	График векторного поля на плоскости

MathCAD представляет пользователю разнообразные средства форматирования графика - изменение толщины и цвета линий, вида осей координат, координатные сетки, текстовые комментарии и др. Для того чтобы изменить вид изображения, нужно щелкнуть дважды по полю графика и установить требуемые параметры в окнах настройки.

Графики любого вида, как любые объекты документа, можно выделять, заносить в буфер обмена, вызывать их оттуда и переносить в любое новое место документа. Их можно и просто перетаскивать с места на место курсором мыши, а также растягивать по горизонтали, по вертикали и по диагонали, цепляясь за специальные маркеры выделенных графиков курсором мыши.

Порядок действий при построении всех графиков одинаков. После

выбора шаблона построения графика в рабочем документе открывается поле построения графика с помеченными для ввода позициями, которые нужно заполнить для определения графика.

Когда график определен (заполнены все помеченные позиции), то для построения графика при автоматическом режиме вычислений достаточно щелкнуть мышью вне поля графика.

Заполнение шаблона для разных типов графиков имеет свои особенности.

Можно начертить *несколько кривых на одном* и том же чертеже. Чтобы представить графически несколько выражений по оси ординат относительно одного выражения по оси абсцисс, введите первое выражение по оси ординат, сопровождаемое запятой. Непосредственно под первым выражением появится пустое поле. Введите туда второе выражение, сопровождаемое другой запятой, чтобы получить пустое поле, и т. д.

Чтобы построить несколько независимых кривых на одном чертеже, введите два или более выражения, отделяемых запятыми по оси абсцисс, и то же самое выражение по оси ординат. MathCAD согласует выражения попарно - первое выражение по оси абсцисс с первым выражением по оси ординат, второе со вторым и т. д. Затем рисуется график каждой пары.

Можно построить до 16 функций по оси ординат в зависимости от одного аргумента по оси абсцисс. Однако если для каждой кривой используется свой аргумент, то можно отобразить только до 10 графиков.

Точно так же можно построить несколько графиков на одном и том же чертеже в полярных координатах, используя эту же технологию заполнения шаблона графика.

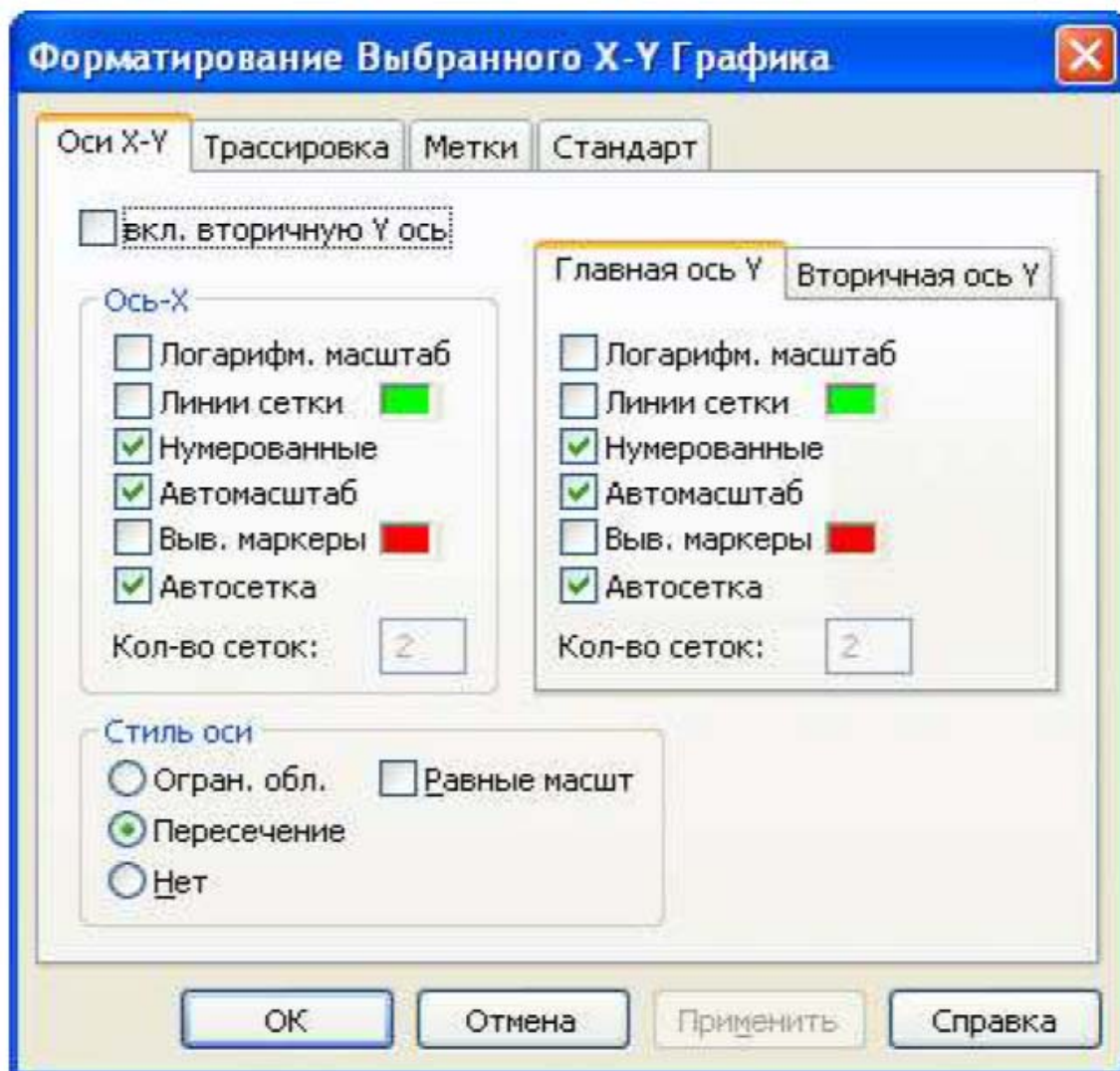
Форматирование графиков

Чтобы изменить *формат графика*, необходимо дважды щелкнуть мышью в области графика.

Если строим график в декартовой системе координат, то появится следующее диалоговое окно для форматирования графика (разные типы

графиков имеют разный вид диалоговых окон, но аналогичную технологию форматирования).

Форматирование оси графика можно также произвести, выполнив на ней двойной щелчок.



В MathCAD можно делать следующие надписи на чертеже:

- заголовок выше или ниже графика;
- названия осей, чтобы описать, что отложено на каждой оси;
- имена кривых, идентифицирующих отдельные графики;
- переменные - выражения, определяющие координаты.

Можно использовать эти надписи все вместе или в любой комбинации.

Для того чтобы *добавить заголовок* к графику в диалоговом окне для форматирования графика, следует щелкнуть по закладке Labels (Метки) и напечатать заголовок графика в поле Title (Название). Пометить место

размещения заголовка: кнопка Above (Вверху) или Below (Внизу) и удостовериться, что флажок Show Title (Выводить) отмечен.

Чтобы надписать одну или обе оси графика, необходимо указать название осей в поле Метки осей.

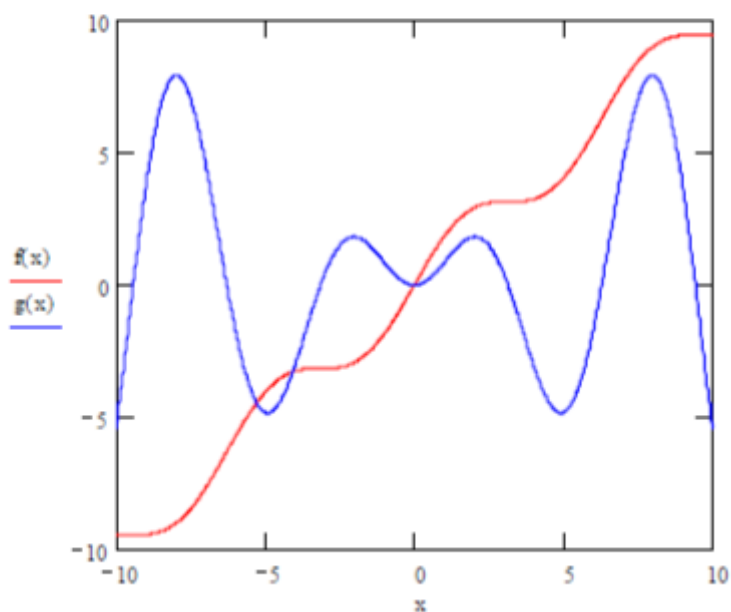
Можно построить до 16 разных графиков. Каждому графику соответствует строка в прокручиваемом списке, который откроется, если в диалоговом окне для форматирования графика щелкнуть по вкладке Traces (Трассировка). На этой вкладке можно изменить параметры: тип, цвет, толщину линии.

По мере появления новых графиков MathCAD ставит в соответствие каждому одну из этих строк.

Построение графика функции $y = f(x)$

Пример 1

$$f(x) := x + \sin(x) \quad g(x) := x \sin(x)$$

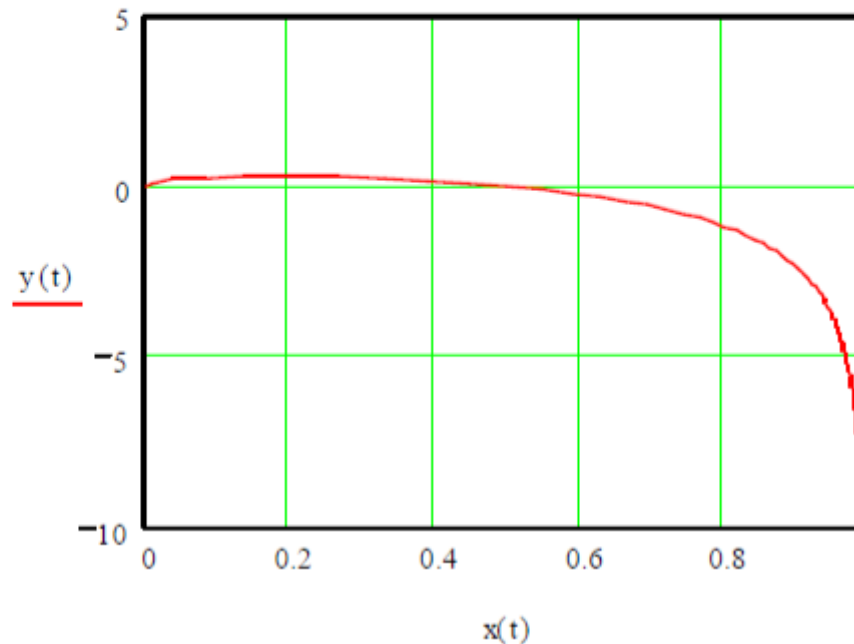


Построение кривой, заданной параметрически

Построение кривой, заданной параметрически, осуществляется аналогично. Отличие состоит в том, что в позиции аргумента и функции вводятся выражения или имена соответствующих функций.

Пример 2

$$x(t) := \frac{t^2}{1+t^2} \quad y(t) := \frac{t \cdot (1-t^2)}{1+t^2} \quad t := 0, 0.1.. 1.0$$



Графики в полярной системе координат

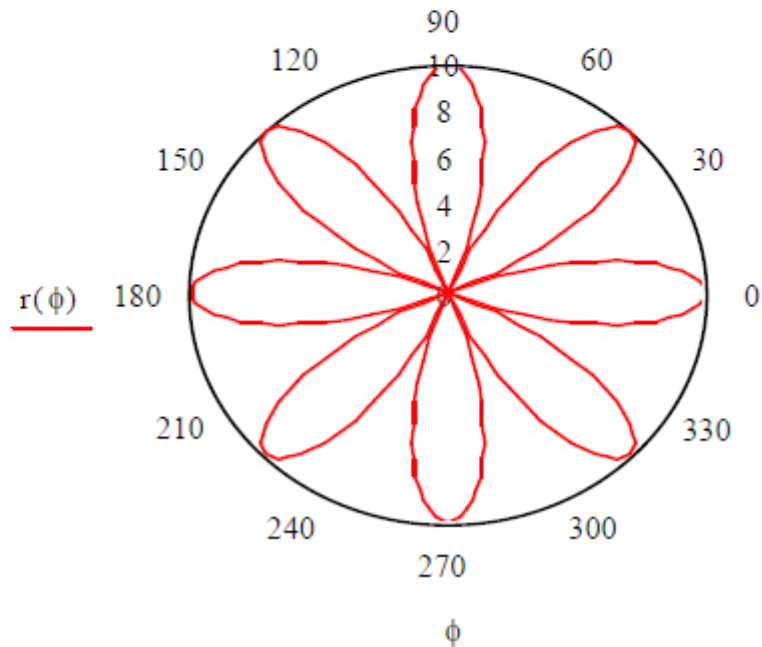
В полярной системе координат каждая точка задается углом φ и модулем радиуса-вектора $r(\varphi)$. График функции обычно строится в виде линии, которую описывает конец радиуса-вектора при изменении угла φ в определенных пределах, чаще всего от 0 до 2π . Опция Полярные координаты (Polar Plot) выводит шаблон таких графиков в форме окружности с шаблонами данных.

Перед построением таких графиков надо задать значения переменной φ и функцию $r(\varphi)$.

Пример 3

$$a := 10 \quad m := 4$$

$$\phi := -\pi, -\pi + \frac{\pi}{120} .. \pi \quad r(\phi) := a \cdot \cos(m \cdot \phi)$$



Графики поверхностей

Трехмерные, или 3D-графики, отображают функции двух переменных вида $Z(X, Y)$.

При построении трехмерных графиков в ранних версиях MathCAD поверхность нужно было определить математически.

Теперь применяют функцию MathCAD *CreateMesh*.

Функция **CreateMesh**(F (или G, или f1, f2, f3), x0, x1, y0, y1, xgrid, ygrid, fmap) - создает сетку на поверхности, определенной функцией F.

x0, x1, y0, y1 – диапазон изменения переменных; xgrid, ygrid – размеры сетки переменных; fmap – функция отображения.

Функция CreateMesh по умолчанию создает сетку на поверхности с диапазоном изменения переменных от -5 до 5 и с сеткой 20×20 точек.

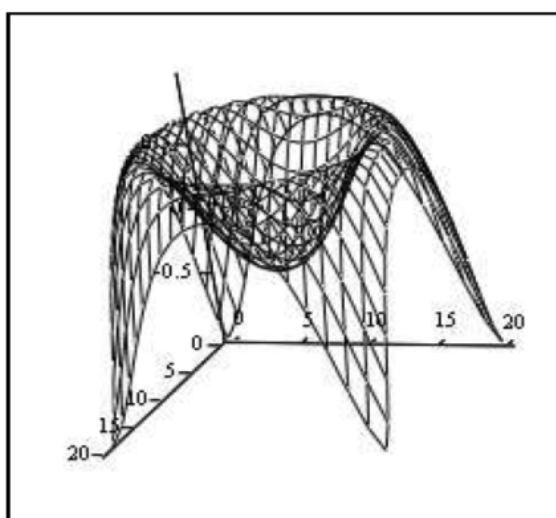
Пример 4. (Построение графиков поверхности двумя способами)

1 способ

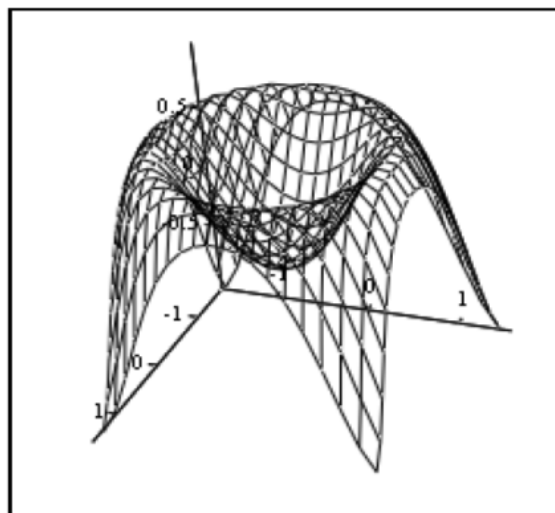
```
f(x,y) := sin(x^2 + y^2)
i := 0..20    j := 0..20
xi := -1.5 + i*0.15
yj := -1.5 + j*0.15
MTi,j := f(xi, yj)
```

2 способ

```
f(x,y) := sin(x^2 + y^2)
MM := CreateMesh (f, -1.5, 1.5, -1.5, 1.5, 20, 20)
```



MT



MM

Нередко поверхности и пространственные кривые представляют в виде точек, кружочков или иных фигур. Такой график создается операцией Вставка \rightarrow График \rightarrow 3D Точечный, причем поверхность задается параметрически - с помощью трех матриц (X, Y, Z).

Для определения исходных данных для такого вида графиков используется функция *CreateSpace*.

Функция *CreateSpace* (F, t0, t1, tgrid, fmap) - возвращает вложенный массив трех векторов, представляющих x, y, и z - координаты пространственной кривой, определенной функцией F. t0 и t1 - диапазон изменения переменной, tgrid - размер сетки переменной, fmap - функция отображения.

Еще один вид представления поверхности - *векторное представление*.

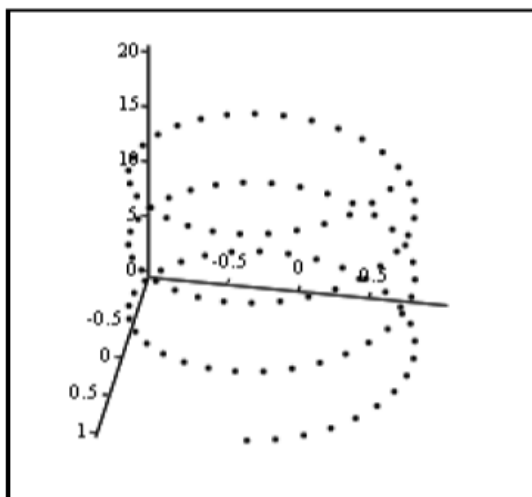
Оно задается построением коротких стрелочек - векторов. Стрелки обращены острием в сторону нарастания высоты поверхности, а плотность расположения стрелок зависит от скорости этого нарастания.

Для его построения используется шаблон Vector Field Plot (график векторного поля на плоскости). В шаблон необходимо внести имя матрицы M. Пример 5. Построение точечного графика двумя способами.

1 способ

$$t := 0..100$$

$$x_t := \cos\left(\frac{t}{5}\right) \quad y_t := \sin\left(\frac{t}{5}\right) \quad z_t := \frac{t}{5}$$

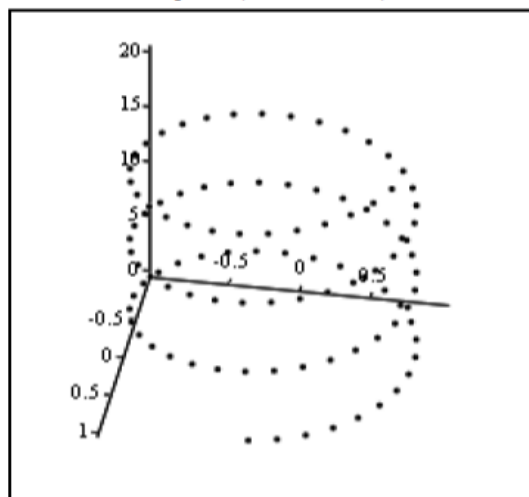


(x, y, z)

2 способ

$$F(t) := \begin{pmatrix} \cos(t) \\ \sin(t) \\ t \end{pmatrix}$$

M := CreateSpace (F, 0, 20, 100)



M

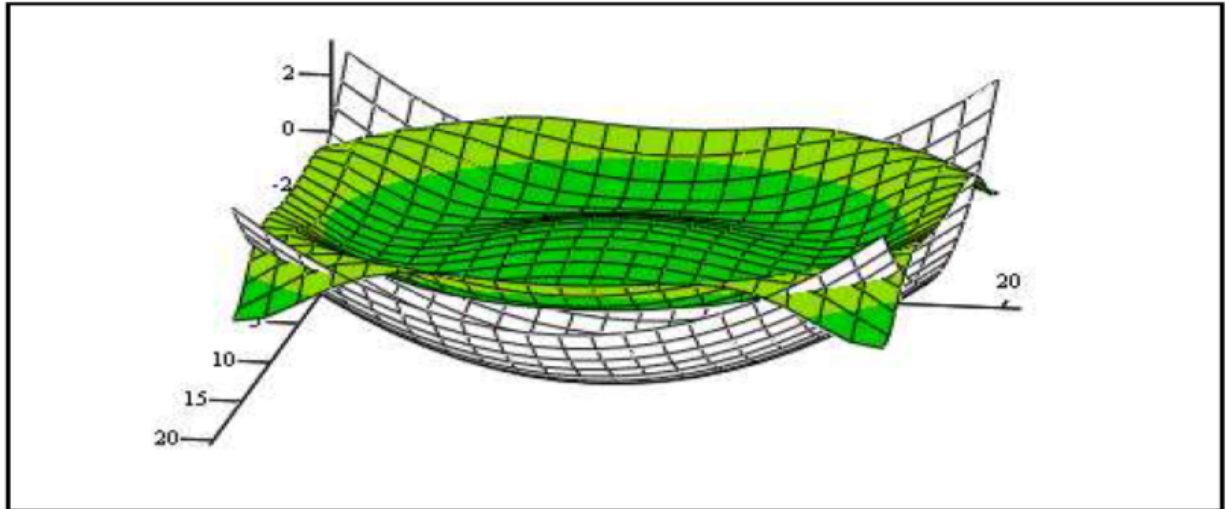
Построение пересекающихся фигур

Особый интерес представляет собой возможность построения на одном графике ряда разных фигур или поверхностей с автоматическим учетом их взаимного пересечения. Для этого надо отдельно задать матрицы соответствующих поверхностей и после вывода шаблона 3D-графика перечислить эти матрицы под ним с использованием в качестве разделителя запятой.

$$x := 0..20 \quad y := 0..20$$

$$f1(x,y) := -\sin(x^2 + y^2) \quad f2(x,y) := x^2 + y^2 - 5$$

$$M1_{x,y} := f1\left(\frac{x-10}{5}, \frac{y-10}{5}\right) \quad M2_{x,y} := f2\left(\frac{x-10}{5}, \frac{y-10}{5}\right)$$



M1 , M2

Порядок выполнения работы:

Задание № 1

Постройте графики функций.

Вариант	Функция одной переменной	Кривая, заданная параметрически	Функция двух переменных
1	$y = \frac{3}{x^3} + \frac{2}{x^2} + \frac{1}{x}$	$x = t^3 - 3\pi$ $y = t^3 - 6 \cdot \text{arctg}(t)$	$z = \sin\left(\frac{x}{y}\right) \cos\left(\frac{y}{x}\right)$
2	$y = \sqrt{x} - \sqrt[3]{x^2} + \sqrt[4]{x^3}$	$x = 4 \cos^2(t)$ $y = 4 \sin^2(t)$	$z = \frac{1}{\text{arctg}\left(\frac{y}{x}\right)}$
3	$y = \ln(3x) + \frac{\exp(-3x)}{\sqrt{x}}$	$x = \text{sh}(t) - t$ $y = \text{ch}(t) - 1$	$z = x^3 y - xy^3$
4	$y = \frac{x^2 - \sqrt{x}}{1-x}$	$x = t$ $y = t + 2 \text{arctg}(t)$	$z = \exp\left(-\frac{x}{y}\right)$
5	$y = \frac{x^2}{x^3 + 1}$	$x = 2 \cdot (3 \cos(t) + \cos(3t))$ $y = 2 \cdot (3 \sin(t) + \sin(3t))$	$z = 4.25x \cdot \exp(-t) + 6t$
6	$y = \sin(x) - 4 \cos(x)$	$x = t^3 + 3t + 1$ $y = t^3 - 3t + 1$	$z = \frac{x^3 + y^3}{x^2 + y^2}$

7	$y = x^2 \cdot \operatorname{tg}(x)$	$x = \frac{3t}{1+t^3}$ $y = \frac{3t^2}{1+t^3}$	$z = \ln(x + \sqrt{x^2 + y^2})$
8	$y = \frac{\sqrt[3]{x}}{\cos(x)}$	$x = t \cdot \exp(t)$ $y = t \cdot \exp(-t)$	$z = \ln\left(\operatorname{tg}\left(\frac{x}{y}\right)\right)$
9	$y = \frac{\cos(x) - \sin(x)}{\cos(x) + \sin(x)}$	$x = 3t + 1$ $y = t^3 + 2t$	$z = \ln(x^2 + y^2)$
10	$y = (1 + x^2) \arccos(x)$	$x = t + \exp(-t)$ $y = 2t + \exp(-2t)$	$z = x^{x \cdot y}$
11	$y = \sqrt{x^3} \operatorname{arctg}(x)$	$x = \frac{t}{t+3}$ $y = \frac{2t^2 + 3t}{(t+3)^2}$	$z = (1 + \lg(x))^y$
12	$y = \sin(x) \cdot \arcsin(x)$	$x = \ln(t + \sqrt{t^2 + 1})$ $y = t\sqrt{t^2 + 1}$	$z = \frac{x + y}{x - y}$
13	$y = \frac{x^2 - 1}{\lg(x)}$	$x = 6 \cos(t) - 3 \cos(2t)$ $y = 6 \sin(t) - 3 \sin(2t)$	$z = \frac{1}{2} \ln(x^2 + y^2)$
14	$y = x \cdot \cos(x) \cdot \ln(x)$	$x = t\sqrt{t^2 + 1}$ $y = \ln\left(\frac{1 + \sqrt{1 + t^2}}{t}\right)$	$z = \frac{x^2 + y^2}{x^2 - y^2}$
15	$y = \ln(\sqrt{\exp(x)})$	$x = 2 \cos(t)$ $y = 3 \sin(t)$	$z = x^2 y^4 - x^3 y^3 + x^4 y^2$
16	$y = \exp(x) \cdot (\operatorname{tg}(x) - x)$	$x = 1 + \lg(2t + \sqrt{t^3})$ $y = 5(t^{2/3} - 1)$	$z = 2 \sqrt{\frac{1 - \sqrt{xy}}{1 + \sqrt{xy}}}$

Задание № 2

Отобразить графически пересечение поверхностей $f1(x, y) := \frac{(x + y)^2}{10}$ и $f2(x, y) := 5 \cos\left(\frac{x - y}{3}\right)$. Матрицы для построения поверхностей задать с помощью функции *CreateMesh*.

Решение уравнений

Огромное количество задач вычислительной математики связано с решением нелинейных алгебраических уравнений, а также систем таких уравнений. При этом необходимость решения нелинейных уравнений возникает зачастую на промежуточных шагах, при реализации фрагментов более сложных алгоритмов (к примеру, при расчетах дифференциальных уравнений при помощи разностных схем и т. п.).

Численное решение нелинейного уравнения

Алгоритм приближенного решения уравнения $f(x)=0$ состоит из двух этапов:

1. Нахождения промежутка, содержащего корень уравнения (или начальных приближений для корня);

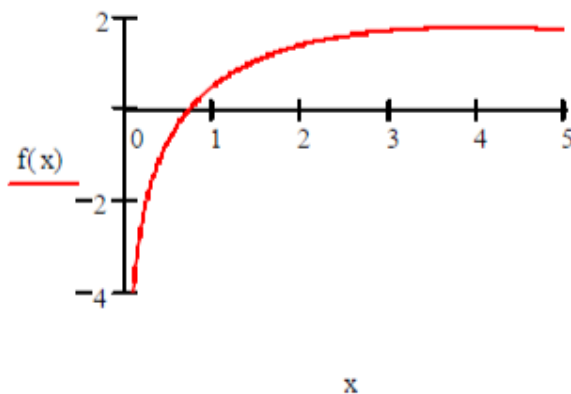
2. Получения приближенного решения с заданной точностью с помощью функции `root`.

Если после многих итераций MathCAD не находит подходящего приближения, то появится сообщение **Can't converge to a solution.** (отсутствует сходимость).

Пример 1. Решение уравнения с помощью функции ROOT

$$f(x) := 2 \cdot \ln(x) - \frac{x}{2} + 1$$

Задаем функцию $f(x)$



Строим график и находим начальное приближение

$$x := 0.7$$

$$\text{root}(f(x), x) = 0.728$$

Эта ошибка может быть вызвана следующими причинами:

- уравнение не имеет корней;
- корни уравнения расположены далеко от начального приближения;
- выражение имеет комплексный корень, но начальное приближение было вещественным.

Чтобы установить причину ошибки, исследуйте график $f(x)$. Он поможет выяснить наличие корней уравнения $f(x) = 0$ и, если они есть, то определить приблизительно их значения. Чем точнее выбрано начальное приближение корня, тем быстрее будет `root` сходиться.

Нахождение корней полинома

Для нахождения корней выражения, имеющего вид $v_0 + v_1x + \dots + v_{n-1}x^{n-1} + v_nx^n$, лучше использовать функцию `polyroots`, нежели `root`. В отличие от функции `root`, функция `polyroots` не требует начального приближения и возвращает сразу все корни, как вещественные, так и комплексные.

Функция **Polyroots (v)** - возвращает корни полинома степени n . Коэффициенты полинома находятся в векторе v длины $n + 1$. Возвращает вектор длины n , состоящий из корней полинома.

Пример 2. Нахождение корней полинома

$$0.75 \cdot x^3 - 8 \cdot x + 5$$

$$v := \begin{pmatrix} 5 \\ -8 \\ 0 \\ .75 \end{pmatrix}$$

$$\text{polyroots}(v) = \begin{pmatrix} -3.542 \\ 0.651 \\ 2.892 \end{pmatrix}$$

Для создания вектора v :

1. Поставьте курсор на переменную x в выражении $0.75 \cdot x^3 - 8 \cdot x + 5$
2. Выполните команду **Символы** → **Коэффициенты полинома**
3. Выполните команду **Правка** → **Вырезать**
4. Напечатайте $v:=$ и выполните команду **Правка** → **Вставить**

$$\underline{\underline{A}} := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ -1 & 2 & -3 & 4 \\ 0 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \underline{\underline{b}} := \begin{pmatrix} 30 \\ 10 \\ 3 \\ 10 \end{pmatrix}$$

$$|A| = -4$$

$$\underline{\underline{x}} := A^{-1} \cdot b \quad x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

$$\underline{\underline{x}} := \text{lsolve}(A, b)$$

$$x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Решение системы уравнений методом Гаусса

Метод Гаусса, его еще называют методом Гауссовых исключений, состоит в том, что систему уравнений приводят последовательным исключением неизвестных к эквивалентной системе с треугольной матрицей.

В матричной записи это означает, что сначала (прямой ход метода Гаусса) элементарными операциями над строками приводят расширенную матрицу системы к ступенчатому виду, а затем (обратный ход метода Гаусса) эту ступенчатую матрицу преобразуют так, чтобы в первых n столбцах получилась единичная матрица. Последний, $(n + 1)$ столбец этой матрицы содержит решение системы.

В MathCAD прямой и обратный ходы метода Гаусса выполняет функция $\text{rref}(A)$.

Пример 4. Решение системы уравнений методом Гаусса

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 30 \\ -x_1 + 2x_2 - 3x_3 + 4x_4 = 10 \\ x_2 - x_3 + x_4 = 3 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 10 \end{cases} \quad \underline{\underline{A}} := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ -1 & 2 & -3 & 4 \\ 0 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \underline{\underline{b}} := \begin{pmatrix} 30 \\ 10 \\ 3 \\ 10 \end{pmatrix}$$

$$\underline{\underline{\text{ORIGIN}}} := 1$$

Формирование расширенной матрицы системы:

$$A1 := \text{augment}(A, b) \quad A1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 30 \\ -1 & 2 & -3 & 4 & 10 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 10 \end{pmatrix}$$

Приведение расширенной матрицы к ступенчатому виду (прямой и обратный ходы метода Гаусса)

$$A2 := \text{rref}(A1) \quad A2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 4 \end{pmatrix}$$

$$x := \text{submatrix}(A2, 1, 4, 5, 5) \quad x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \text{Проверка:} \quad A \cdot x - b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Решение систем уравнений с помощью функций Find или Minner

Для решения системы уравнений с помощью функции Find необходимо выполнить следующее:

1. Задать начальное приближение для всех неизвестных, входящих в систему уравнений. MathCAD решает систему с помощью итерационных методов;
2. Напечатать ключевое слово Given. Оно указывает MathCAD, что далее следует система уравнений;
3. Введите уравнения и неравенства в любом порядке. Используйте [Ctrl]= для печати символа =. Между левыми и правыми частями неравенств может стоять любой из символов <, >, ≥ и ≤
4. Введите любое выражение, которое включает функцию Find, например: x:= Find (x, y).

Ключевое слово ***Given***, уравнения и неравенства, которые следуют за ним, и какое - либо выражение, содержащее функцию ***Find***, называют **блоком решения уравнений**.

Пример 5. Решение системы уравнений с помощью функции Find

$x1 := 0$ $x2 := 0$ $x3 := 0$ $x4 := 0$ Начальные приближения
Given

$$x1 + 2x2 + 3x3 + 4x4 = 30$$

$$-x1 + 2 \cdot x2 - 3 \cdot x3 + 4x4 = 10$$

$$x2 - x3 + x4 = 3$$

$$x1 + x2 + x3 + x4 = 10$$

$$\text{Find}(x1, x2, x3, x4) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Функция ***Minner*** очень похожа на функцию ***Find*** (использует тот же алгоритм). Если в результате поиска не может быть получено дальнейшее уточнение текущего приближения к решению, ***Minner*** возвращает это приближение. Функция ***Find*** в этом случае возвращает сообщение об ошибке. Правила использования функции ***Minner*** такие же, как и функции ***Find***.

Функция ***Minerr*** ($x1, x2, . . .$) - возвращает приближенное решение системы уравнений. Число аргументов должно быть равно числу неизвестных.

Символьное решение уравнений

Имеются некоторые задачи, для которых возможности MathCAD позволяют находить решения в символьном (аналитическом) виде.

Решение уравнений в символьном виде позволяет найти точные или приближенные корни уравнения:

- если решаемое уравнение имеет параметр, то решение в символьном виде может выразить искомый корень непосредственно через параметр.

Поэтому вместо того, чтобы решать уравнение для каждого нового значения параметра, можно просто заменять его значение в найденном символьном решении;

- если нужно найти все комплексные корни полинома со степенью меньше или равной 4, символьное решение даст их точные значения в одном векторе или в аналитическом или цифровом виде.

Команда **Символы** → **Переменные** → **Вычислить** позволяет решить уравнение относительно некоторой переменной и выразить его корни через остальные параметры уравнения.

Чтобы решить уравнение символьно, необходимо:

1. Напечатать выражение (для ввода знака равенства используйте комбинацию клавиш Ctrl + =);
2. Выделить переменную, относительно которой нужно решить уравнение, щелкнув на ней мышью;
3. Выбрать пункт меню Символы → Переменные → Вычислить.

Нет необходимости приравнивать выражение нулю. Если MathCAD не находит знака равенства, он предполагает, что требуется приравнять выражение нулю.

Чтобы решить систему уравнений в символьном виде, необходимо выполнить следующее:

1. Напечатать ключевое слово Given;
2. Напечатать уравнения в любом порядке ниже слова Given. Удостоверьтесь, что для ввода знака = используется Ctrl + =;
3. Напечатать функцию Find, соответствующую системе уравнений;
4. Нажать Ctrl + . (клавиша CTRL, сопровождаемая точкой). MathCAD отобразит символьный знак равенства →;
5. Щелкнуть мышью на функции Find.

Порядок выполнения работы

Задание № 1

Построить график функции $f(x)$ и приблизительно определить один из корней уравнения. Решить уравнение $f(x) = 0$ с помощью встроенной функции MathCAD root.

Вариант	$f(x)$	Вариант	$f(x)$
1	$e^{x-1} - x^3 - x$ $x \in [0, 1]$	2	$0.25x^3 + x - 2$ $x \in [0, 2]$
3	$x - \frac{1}{3 + \sin(3.6x)}$ $x \in [0, 1]$	4	$\arccos \frac{1-x^2}{1+x^2} - x$ $x \in [2, 3]$
5	$\arccos x - \sqrt{1 - 0.3x^3}$ $x \in [0, 1]$	6	$3x - 4 \ln x - 5$ $x \in [2, 4]$
7	$\sqrt{1 - 0.4x^2} - \arcsin x$ $x \in [0, 1]$	8	$e^x - e^{-x} - 2$ $x \in [0, 1]$
9	$3x - 14 + e^x - e^{-x}$ $x \in [1, 3]$	10	$\sqrt{1-x} - \operatorname{tg} x$ $x \in [0, 1]$
11	$\sqrt{2x^2 + 1.2} - \cos x - 1$ $x \in [0, 1]$	12	$1 - x + \sin x - \ln(1+x)$ $x \in [0, 2]$
13	$\cos\left(\frac{2}{x}\right) - 2 \sin\left(\frac{1}{x}\right) + \frac{1}{x}$ $x \in [1, 2]$	14	$x^5 - x - 0.2$ $x \in [1, 2]$
15	$0.1x^2 - x \ln x$ $x \in [1, 2]$	16	$\sin\left(\frac{\pi x}{5.2}\right) + 0.84e^x$ $x \in [-2, 1]$

Задание № 2

Для полинома $g(x)$ выполнить следующие действия:

1. с помощью команды **Символы** ^ **Коэффициенты полинома** создать вектор V , содержащий коэффициенты полинома;
2. решить уравнение $g(x) = 0$ с помощью функции `polyroots`;
3. решить уравнение символично, используя команду **Символы** ^

Переменные ^ **Вычислить**.

Вариант	$g(x)$	Вариант	$g(x)$
1	$x^4 - 2x^3 + x^2 - 12x + 20$	2	$x^4 + x^3 - 17x^2 - 45x - 100$
3	$x^4 + 6x^3 + x^2 - 4x - 60$	4	$x^4 - 5x^3 + x^2 - 15x + 50$
5	$x^4 - 14x^2 - 40x - 75$	6	$x^4 - 4x^3 - 2x^2 - 20x + 25$
7	$x^4 - x^3 + x^2 - 11x + 10$	8	$x^4 + 5x^3 + 7x^2 + 7x - 20$
9	$x^4 - x^3 - 29x^2 - 71x - 140$	10	$x^4 - 7x^3 + 7x^2 - 5x + 100$
11	$x^4 + 7x^3 + 9x^2 + 13x - 30$	12	$x^4 + 10x^3 + 36x^2 + 70x + 75$
13	$x^4 + 3x^3 - 23x^2 - 55x - 150$	14	$x^4 + 9x^3 + 31x^2 + 59x + 60$
15	$x^4 - 6x^3 + 4x^2 + 10x + 75$	16	$15x^4 - 6x^3 + 4x^2 - 12x - 10$

Задание № 3

Решить систему линейных уравнений:

1. матричным способом и используя функцию `lsolve`;
2. методом Гаусса;
3. используя функцию `Find`.

Вариант	Система линейных уравнений	Вариант	Система линейных уравнений
1	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 8 \\ 3x_1 + 3x_3 = 6 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_4 = 4 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4 \end{cases}$	2	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -4 \\ x_1 - 3x_2 - 6x_4 = -7 \\ 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 2 \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -2 \end{cases}$
3	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 22 \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 + 2x_4 = 17 \\ x_1 + x_2 + x_3 - x_4 = 8 \\ x_1 - 2x_3 - 3x_4 = -7 \end{cases}$	4	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 26 \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + x_4 = 34 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 = 26 \\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26 \end{cases}$
5	$\begin{cases} 9x_1 + 10x_2 - 7x_3 - x_4 = 23 \\ 7x_1 - x_3 - 5x_4 = 37 \\ 5x_1 - 2x_3 + x_4 = 22 \\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26 \end{cases}$	6	$\begin{cases} 2x_1 - 8x_2 - 3x_3 - 2x_4 = -18 \\ x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 = 28 \\ x_2 + x_3 + x_4 = 10 \\ 11x_2 + x_3 + 2x_4 = 21 \end{cases}$
7	$\begin{cases} 6x_1 - x_2 + 10x_3 - x_4 = 158 \\ 2x_1 + x_2 + 10x_3 + 7x_4 = 128 \\ 3x_1 - 2x_2 - 2x_3 - x_4 = 7 \\ x_1 - 12x_2 + 2x_3 - x_4 = 17 \end{cases}$	8	$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 4x_3 + x_4 = 66 \\ 2x_2 - 6x_3 + x_4 = -63 \\ 8x_1 - 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 = 146 \\ 2x_1 - 7x_2 + 6x_3 - x_4 = 80 \end{cases}$
9	$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 88 \\ 5x_1 + 2x_3 - 3x_4 = 88 \\ 7x_1 - 3x_2 + 7x_3 + 2x_4 = 181 \\ 3x_1 - 7x_2 + 5x_3 + 2x_4 = 99 \end{cases}$	10	$\begin{cases} 2x_1 - 3x_3 - 2x_4 = -16 \\ 2x_1 - x_2 + 13x_3 + 4x_4 = 213 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = 72 \\ x_1 - 12x_3 - 5x_4 = -159 \end{cases}$
11	$\begin{cases} x_1 - 2x_2 - 8x_4 = -7 \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -8 \\ x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -10 \\ 2x_1 - x_2 + 2x_4 = 7 \end{cases}$	12	$\begin{cases} 7x_1 + 7x_2 - 7x_3 - 2x_4 = 5 \\ 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 8x_4 = 60 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 = 27 \\ 2x_1 - 2x_3 - x_4 = -1 \end{cases}$
13	$\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 15 \\ -x_2 + 2x_3 + x_4 = 18 \\ 4x_1 - 3x_2 + x_3 - 5x_4 = 37 \\ 3x_1 - 5x_2 + x_3 - x_4 = 30 \end{cases}$	14	$\begin{cases} 6x_1 - 9x_2 + 5x_3 + x_4 = 124 \\ 7x_2 - 5x_3 - x_4 = -54 \\ 5x_1 - 5x_2 + 2x_3 + 4x_4 = 83 \\ 3x_1 - 9x_2 + x_3 + 6x_4 = 45 \end{cases}$
15	$\begin{cases} 4x_1 - 5x_2 + 7x_3 + 5x_4 = 165 \\ 2x_1 + x_2 - 3x_3 - x_4 = -15 \\ 9x_1 + 4x_3 - x_4 = 194 \\ x_1 - x_2 - 2x_3 - 3x_4 = -19 \end{cases}$	16	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 2x_3 + 4x_4 = 30 \\ -x_1 + 2x_2 - 3x_3 + 4x_4 = 10 \\ x_2 - x_3 + x_4 = 3 \\ x_1 + 5x_2 + x_3 + x_4 = 10 \end{cases}$

Вопросы для тестирования

V1: Роль информационных технологий и вычислительной техники в проектировании и конструировании приборов микро и наноэлектроники

I: -

S: По типу хранимых данных ИС делятся на:

- + : фактографические и документальные
- : ручные, автоматические и автоматизированные
- : информационно-поисковые и информационно-решающие
- : управляющие и советующие

I: -

S: Проектирование ИС – это:

- : написание программного кода и его отладка для будущей ИС
- + : преобразование входной информации об объекте и методах проектирования в проект ИС в соответствии с ГОСТом
- : разработка нормативных документов для будущей ИС
- : преобразование требований к ИС в алгоритм

I: -

S: Комплекс методологий и средств проектирования, а также методов и средств организации проектирования – это:

- : нормативно-методологическая база создания ИС
- : объект проектирования
- : проект ИС
- + : технология проектирования

I: -

S: Последовательность действий, необходимые средства и ресурсы для выполнения действий и состав исполнителей – это:

- : технологическая операция
- + : технологический процесс
- : методы проектирования
- : принципы проектирования

I: -

S: Оригинальный метод проектирования – это:

+ : разработка ИС «с нуля»

- : разработка ИС без использования специальных программных средств

- : разработка ИС в соответствии с требованиями заказчика

I: -

S: Автоматизированное проектирование относят к:

- : каноническому проектированию

+ : типовому проектированию

- : индустриальному проектированию

- : реструктуризации модели

I: -

S: По степени адаптивности различают методы проектирования:

- : ручные и компьютерные

- : параметризация и реструктуризация модели

+ : оригинальные и типовые

- : канонические и спиральные

I: -

S: Настройка ИС в соответствии с изменяемыми параметрами – это:

- : реконструкция

+ : параметризация

- : реконструктуризация

I: -

S: Методоориентированные пакеты прикладных программ относят к:

- : операционным средствам

- : средствам общесистемного назначения

- : функциональным средствам

+ : средствам организации проектирования

I: -

S: Комплекс документов, регламентирующие различные аспекты процессов деятельности разработчиков – это:

+ : нормативно-методическое обеспечение

- : методология проектирования

- : объект проектирования

- : проект ИС

I: -

S: К нормативно-методической базе создания ИС **не относят:**

- : международные стандарты

- : стандарты Российской Федерации

- : стандарты организации-заказчика

+ : CASE-средства

I: -

S: Жизненный цикл информационной системы начинается с момента:

+ : принятия решения о создании информационной системы

- : создания и утверждения модели разрабатываемой информационной системы

- : установки на пользовательские места

- : введения данных

I: -

S: Управление конфигурацией относится к:

- : основным процессам ЖЦ ПО

+ : вспомогательным процессам ЖЦ ПО

- : организационным процессам ЖЦ ПО

I: -

S: Все работы по созданию ПО и его компонент в соответствии с заданными требованиями – это:

- : процесс приобретения

+ : процесс разработки

-: процесс поставки

-: процесс сопровождения

I: -

S: Модель жизненного цикла не зависит от:

+: субъекта проектирования

-: специфики ИС

-: специфики условий

-: масштаба проекта

I: -

S: Позднее обнаружение проблем характерно для:

+: каскадной модели

-: спиральной модели

-: итерационной модели

I: -

S: Для спиральной модели характерен следующий недостаток:

-: избыточное количество документации

-: невозможность разбить систему на части

-: запаздывание с результатами

+: сложность планирования

I: -

S: Каждый виток спирали в спиральной модели соответствует:

-: одному из этапов ЖЦ

-: одной из групп процессов ЖЦ

+: версии ПО

-: определенному набору проектной документации

I: -

S: CASE-средства – это:

-: средства генерации схем баз данных

-: системы управление базами данных

-: средства генерации программного кода

+: средства автоматизации всего процесса проектирования

I: -

S: Наибольшая потребность в CASE-средствах возникает на:

-: этапах написания проектной документации

+: начальных этапах анализа и спецификации требований

-: этапах генерации программного кода

-: этапах внедрения и сопровождения

I: -

S: По поддерживаемым методологиям CASE-средства бывают:

+: структурно-ориентированные и объектно-ориентированные

-: локальные и сетевые

-: типовые и оригинальные

-: каскадные и спиральные

I: -

S: Основные нормативные документы, регламентирующие состав и содержание проектной документации – это:

+: международные стандарты и методологии

-: стандарты РФ, ГОСТы

-: стандарты организации-заказчика

I: -

S: Неверно, что:

-: разработка технического задания начинается после исследования предметной области

-: техническому проектированию предшествует эскизный проект

-: модернизация системы начинается сразу после внедрения

+: на этапе внедрения заканчивается жизненный цикл ИС

I: -

S: Оценка экономических, организационных и информационных параметров будущей ИС является целью:

-: технического задания

+ : техно-экономического обоснования

- : эскизного проекта

- : анализа материалов обследования

I: -

S: К предпроектной стадии **не относят**:

- : техническое задание

- : сбор материалов для обследования

- : технико-экономическое обоснование проекта

+ : техно-рабочий проект

I: -

S: Основное назначение Технического задания это:

+ : формулировка требований к будущей ИС

- : оценка эффективности функционирования и срока окупаемости будущей ИС

- : выбор программных средств реализации

- : отражение общих сведений о проекте

I: -

S: Неверно, что техническое задание включает:

- : постановку задачи

- : требования к системе

- : характеристику объекта автоматизации

+ : состав и содержание работ по созданию системы

I: -

S: Общесистемные и локальные проектные решения разрабатываются на этапе:

- : Эскизного проекта

- : Технического проекта

+ : Рабочего проекта

- : Постановки задачи

I: -

S: Основная работа на этапе рабочего проектирования – это:

+ : непосредственно программирование

- : апробация всей системы

- : проектирование форм документов

- : разработка структуры базы данных

I: -

S: В стадию внедрения проекта **не входит**:

- : подготовка объекта к внедрению

- : опытное внедрение

- : сдача проекта в промышленную эксплуатацию

+ : тестирования программы

I: -

S: Переподготовка и реорганизация кадров в связи с внедрением новой ИС фиксируется в:

- : Акте о проведение опытного внедрения

- : Приказе о начале промышленного внедрения

+ : Акте о готовности объекта к внедрению

- : Программе проведения испытаний

I: -

S: Значения, которые устанавливаются для определения вида и поведения объекта – это:

+ : свойства объекта

- : методы объекта

- : классы объекта

- : полиморфизм

I: -

S: Требования к системе фиксируется в диаграммах:

+ : вариантов использования

- : классов

- : деятельности

-: кооперации

Курсовая работа

Курсовая работа включает:

- титульный лист;
- задание на курсовое проектирование;
- содержание;
- введение;
- основная часть работы;
- заключение;
- список использованных источников.

Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с требованиями стандартов по оформлению текстовых работ.

Курсовая работа выполняется и оформляется на листах стандартного формата А4, которые должны быть обязательно сшиты.

Электрические схемы, графики, диаграммы выполняются на миллиметровой бумаге с соблюдением требований ЕСКД и использованием чертежных инструментов (не от руки), допускается применение компьютерной графики. В случае использования при расчетах компьютерных средств соответствующие распечатки должны быть выполнены также на стандартных листах и вложены в работу. Рисунки необходимо пронумеровать, а в тексте поместить ссылки на них.

Условия задачи необходимо приводить полностью в том виде, как они сформулированы в задании. Основные положения решений должны быть подробно пояснены; в решение необходимо включать необходимый минимум промежуточных расчетов, без которых проверка конечного результата становится затруднительной. Окончательный результат расчета привести с указанием единицы измерения соответствующей величины.

Работа должна быть выполнена собственноручно, датирована и подписана студентом. Выполненная работа представляется на кафедру преподавателю для проверки. Все замечания, отмеченные преподавателем, устраняются студентом в установленные сроки, после чего он защищает свою работу.

Студенты, не выполнившие КР в назначенный срок, к экзамену по дисциплине «Основы теории цепей» не допускаются.

Защита выполненной работы заключается в собеседовании по теме работы. Преподаватель уточняет полноту и степень теоретического и практического изучения исследуемого явления, знание методологии выполнения расчетов, умение анализировать полученные данные и принимать решение о выборе приемлемого варианта расчета. Каждый обучающийся в течение 5-7 минут излагает основные положения своей работы. Доклад необходимо подготовить заблаговременно.

Ответы на вопросы должны быть убедительными, теоретически обоснованными. Во время защиты студент может пользоваться курсовой работой. В выступлении он обязан дать ответы на критические замечания в рецензии: согласиться с ними, объяснить причину недоработок, указать способы их устранения или аргументировано отвергнуть их, отстоять свою точку зрения.

Если студент затрудняется в ответах, ему дается время для дополнительной подготовки.

Курсовая работа должна быть написана и представлена к защите в сроки, установленные учебным планом.

Примерные темы курсовых работ:

1. Разработка основных принципов защиты РЭС от воздействия ударных нагрузок и ионизирующего излучения.
2. Методы прогнозирования надежности бытовых радиоприемников в условиях нормальной эксплуатации.

3. Методы прогнозирования надежности для аналого-цифрового преобразователя ТВ приемника в условиях повышенной влажности.
4. Оптимизация средств испытаний при анализе безотказности охранных автомобильных устройств.
5. Разработка виртуальных методов испытаний видеорегистратора на воздействие тепла.
6. Разработка методики испытаний телевизионного приемника в условиях вибрации и удара.
7. Методика испытания РЭА на воздействие космических факторов.
8. Разработка методики испытаний охранных автомобильных устройств на теплостойкость и влагозащищенность.
9. Разработка методики для испытаний охранных автомобильных устройств на инфракрасное и ультрафиолетовое излучение.
10. Исследование методов повышения помехоустойчивости радиоэлектронных систем.
11. Современные технологии обработки сигналов в радиоэлектронных системах.
12. Анализ и оптимизация энергопотребления в радиоэлектронных системах передачи информации.
13. Проектирование и оптимизация радиоэлектронных систем для мобильных приложений.
14. Исследование методов защиты радиоэлектронных систем от несанкционированного доступа.
15. Анализ и разработка систем радиоэлектронной идентификации.
16. Разработка систем радиоэлектронного мониторинга окружающей среды.
17. Исследование методов повышения надежности радиоэлектронных систем.
18. Анализ перспектив развития и применения квантовых технологий в радиоэлектронике.

19. Исследование методов синхронизации в цифровых радиоэлектронных системах.

20. Анализ влияния климатических факторов на работу радиоэлектронных устройств.

Вопросы, выносимые на коллоквиум

Коллоквиум 1

1. Цель, задачи и предмет проектирования РЭС.
2. Макетирование, физическое и математическое моделирования как способы проектирования.
3. Способы математического проектирования – ручной и с применением ЭВМ.
4. Типовая блок-схема процесса проектирования.
5. Иерархичность процессов проектирования сверху вниз и снизу вверх.
6. Функциональный, конструкторский и технологический разрезы в процессе проектирования.
7. Понятие об имитационном и формульном проектировании.
8. Понятие технологичности процесса проектирования.
9. Определение математической модели.
10. Классификация параметров моделей.
11. Иерархия и примеры моделей для разных функциональных уровней проектирования.
12. Формальные и физические способы построения моделей.
13. Проектирование на уровне структурных схем и основные САПР.
14. Проектирование на уровне принципиальных и основные САПР, обеспечивающие такое проектирование.
15. Интегрированные системы моделирования и измерений.
16. Программно-аппаратные комплексы с использованием системы прикладных программ.

Коллоквиум 2

1. Общая характеристика основных видов моделей элементов РЭС.
2. Модели в виде эквивалентных схем.
3. Табличные модели.
4. Определение ППП для автоматизированного компьютерного проектирования.
5. ППП как человеко-машинная система.
6. Классификация и виды обеспечения ППП.
7. Информационное обеспечение ППП.
8. Понятие о базах данных и СУБД.
9. Параметрический и структурный синтез электрических цепей.
10. САПР, обеспечивающий виды синтеза.
11. Параметрический синтез (оптимизация).
12. Основные оптимизационные алгоритмы: преимущества и недостатки.
13. Однокритериальная и многокритериальная оптимизация.
14. Структурный синтез.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам. В каждом билете 2 теоретических вопроса.

1. Цель, задачи и предмет проектирования РЭС.
2. Макетирование, физическое и математическое моделирования как способы проектирования.
3. Способы математического проектирования – ручной и с применением ЭВМ.
4. Типовая блок-схема процесса проектирования.
5. Иерархичность процессов проектирования сверху вниз и снизу вверх.
6. Функциональный, конструкторский и технологический разрезы в

процессе проектирования.

7. Понятие об имитационном и формульном проектировании.
8. Понятие технологичности процесса проектирования.
9. Определение математической модели.
10. Классификация параметров моделей.
11. Иерархия и примеры моделей для разных функциональных уровней проектирования.
12. Формальные и физические способы построения моделей.
13. Проектирование на уровне структурных схем и основные САПР.
14. Проектирование на уровне принципиальных и основные САПР, обеспечивающие такое проектирование.
15. Интегрированные системы моделирования и измерений.
16. Программно-аппаратные комплексы с использованием системы прикладных программ.
17. Общая характеристика основных видов моделей элементов РЭС.
18. Модели в виде эквивалентных схем.
19. Табличные модели.
20. Определение ППП для автоматизированного компьютерного проектирования.
21. ППП как человеко-машинная система.
22. Классификация и виды обеспечения ППП.
23. Информационное обеспечение ППП.
24. Понятие о базах данных и СУБД.
25. Параметрический и структурный синтез электрических цепей.
26. САПР, обеспечивающий виды синтеза.
27. Параметрический синтез (оптимизация).
28. Основные оптимизационные алгоритмы: преимущества и недостатки.
29. Однокритериальная и многокритериальная оптимизация.
30. Структурный синтез.